MONOGRAFIA DE COMPILACION SOBRE ESTUDIO PATOLOGICO PRELIMINAR EN ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA COMO CASO ESTUDIO LA FACHADA ORIENTAL DEL EDIFICIO ALBERTO E. ARIZA (ARCOS), DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

YEISON AMADO PEREZ

JAIRO EDUARDO PAEZ USTARIZ

DIRIGIDO POR:

INGENIERA SHERLEY LARRAÑAGA

Docente Facultad Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DIVISION DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2014

CONTENIDO

1. RESUMEN....9
2. INTRODUCCION 10
3. JUSTIFICACION 11
4. OBJETIVOS 12
4.1. Objetivo General.... 12
4.2. Objetivos Específicos 12
5. MARCO TEORICO 13
5.1. Definición de patología 13
5.2. Historia de la patología.... 15
5.3. Antecedentes 18
5.3.1. Caso 1: Propuesta de normativa para la rehabilitación símica de edificaciones patrimoniales.... 19
5.3.2. Caso2: Preservación del centro histórico de OuroPreto (Brasil) 23
5.3.3. Caso 3: Utilización de la piedra natural en restauración..... 26
5.3.4. Caso 4: El pelourinho de Bahía 28
5.3.5. Caso 5: Estudio de patología y vulnerabilidad sísmica del edificio de la Diócesis de Sincelejo- Sucre..... 30
5.3.6. Caso 6: La evaluación de la susceptibilidad a los procesos de deterioro de Formación de piedra caliza ornamental La Tampa utiliza en la construcción de Medellín-Colombia.... 32
5.3.7. Caso 7: La extracción minera de areniscas de la Formación Une. Caracterización físico-química, mecánica y de alterabilidad para optimización de extracción y uso en obras civiles y en arquitectura.... 33
5.4. Materiales más utilizados en obras civiles, que pueden estar expuestos a procesos patológicos 34
5.4.1. Definición.... 34
5.4.2. Características.... 35
5.4.3. Tipos de materiales de construcción o materia prima.... 36

5.4.3.1. Arena ... 36
5.4.3.2. Arcilla ... 37
5.4.3.3. Piedra ... 39
5.4.3.4 Metálicos ... 44
5.4.3.5 Maderas ... 45
5.5 Tipos de lesiones ... 48
5.5.1 Lesiones mecánicas ... 48
5.5.1.1 Fisuras ... 48
5.5.1.2 Grietas ... 51
5.5.1.3 Desprendimientos ... 54
5.5.1.4 Deformaciones ... 56
5.5.2 Lesiones físicas ... 56
5.5.2.1 Clasificación de las lesiones físicas ... 57
5.5.3 Lesiones químicas ... 61
5.5.3.1 Clasificación ... 62
5.5.4 Carbonatación ... 64
5.5.4.1 La carbonatación en mampostería ... 66
5.6 Patologías según el área afectada ... 66
5.6.1 Patología en acabados ... 67
5.6.2 Patología de la madera ... 67
5.6.3 Patología de los suelos ... 69
5.6.4 Patología de las instalaciones ... 70
5.6.5 Patología en ladrillos ... 71
5.7 Tipos de ensayos ... 73
5.7.1 No destructivos ... 73
5.7.2 Destructivos ... 80
6 METODOLOGIA DEL DIAGNOSTICO PATOLOGICO ... 84
6.1 Desarrollo de la metodología para el caso de estudio "Fachada Oriental del edificio Alberto E. Ariza de la Universidad Santo Tomas" ... 96

7 CASO DE ESTUDIO FACAHADA ORIENTAL DEL EDIFICIO ALBERTO E. ARIZA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS 108
7.1 Descripción del edificio 108
7.2 Inventario de daños 110
7.2.1 Piso 3 110
7.2.2 Piso 2 114
7.2.3 Piso 1 116
8 ANALISIS Y RESULTADOS 119
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 126
10 BIBLIOGRAFIA 129

Contenido Tablas

Tabla 1. Lista de chequeo investigación preliminar

Tabla 2. Tipos de lesiones piso 3.

Tabla 3. Tipo de lesiones piso 2.

Tabla 4. Tipos de lesiones piso 1.

Tabla 5. Tipos de lesiones

Contenido Figuras

Figura 1. Esquema de arcos numerados

Figura 2. Localización del área de estudio

Figura 3. Planta de ubicación y localización de la fachada dentro del edificio

Figura 4. Partes de un arco.

Figura 5. Lesiones piso 3

Figura 6. Espesor de fisuras piso 3

Figura 7. Longitud de fisuras piso 3.

Figura 8. Lesiones piso 2.

Figura 9. Longitud fisuras piso 2.

Figura 10. Espesor de fisuras piso 2.

Figura 11. Lesiones piso 1

Figura 12. Longitud de fisuras piso 1.

Figura 13. Espesor de fisuras piso 1.

Figura 14. Patologías por piso.

Contenido Imágenes

Imagen 1. Foto panorámica de la cuidad de OuroPreto (Brasil).

Imagen 2. Foto del centro histórico de Salvador Bahía.

Imagen 3. Fisura muro estructural y guarda escoba causadas por lluvia.

Imagen 4. Fisura reflejada en un mineral al estar sometido a cambios de humedad relativa, generando así fracturación

Imagen 5. Fisura generada en el muro causada por alto contenido de sal en el pañete.

Imagen 6. Grieta en muro de fachada causada por sobrepeso de la edificación.

Imagen 7. Grieta en el muro de carga generada por el proceso de mal curado

Imagen 8. Grieta en la parte inferior del suelo causado a la variación de volumen y su gran contenido de humedad.

Imagen 9. Grieta relejada en el muro y dintel de ventana, causada por desplazamiento de la edificación.

Imagen 10. Fisura generada en el empalme de las viguetas con las columnas.

Imagen 11. Desprendimientos a causa de sobrecarga de la columna, generando pandeo del elemento estructural.

Imagen 12. Desprendimiento a causa de un deslizamiento generando desplomes en la estructura.

Imagen 13. Humedad en el sotano del edificio residencial a causa de una alta porosidad de los materiales constructivo.

Imagen 14. Humedad generada por la mala impermeabilización de la placa de cimentación donde por capilaridad se refleja en el muro divisorio.

Imagen 15. Humedad reflejada en el techo de la vivienda, por mal drenaje de la cubierta se presente filtración.

Imagen 16. Humedad generada en el interior de la vivienda

Imagen 17. Humedad causada por rotura de tubería.

Imagen 18. Suciedad de fachada debido a la falta de mantenimiento, se acumulan partículas en las juntas de los ladrillos.

Imagen 19. Desprendimiento de la pintura por alto contenido de sales en el material.

Imagen 20. Oxidación en el acero debido a alto contenido de humedad en el material.

Imagen 21. Corrosión en el tubo galvanizado de agua residual, por alto contenido de humedad.

Imagen 22. Compas de medición de punta, de exteriores y de interiores.

Imagen 23. Cámara radiográfica.

Imagen 24. Antigua cámara fotográfica de mano wild.

Imagen 25. Microscópico electrónico de barrido.

Imagen 26. Estación de sicroton para experimentos de cristalografía.

Imagen 27. Microsonsa electrónica.

Imagen 28. Esclerómetro.

Imagen 29. Pistola Windsor.

Imagen30. Medidor ultrasonico.

Imagen 31. Lector de Dosimetría.

Imagen 32. Georadar.

Imagen 33. Cámara Termografíca.

Imagen 34. Maquina universal de ensayo computarizada 400-2000 kn serie DI-CP

Imagen 35.Máquina de ensayos universal hidráulica – serie IBTM-4.

Imagen 36. Máquina de tracción universal.

Imagen 37. Péndulo de chapry.

Imagen 38. Durómetro Brinell.

Imagen 39. Achadas internas oriental, norte y sur de la Universidad Santo Tomas.

Imagen 40. Fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza de la Universidad Santo

Imagen 41. Formato de toma de Datos

Imagen 42.. **.** Formato de fotografías

Imagen 43 Fisurimetro

Contenido de anexos

Anexo 1. Formato de toma de Datos

Anexo 1.1 Formato de toma de datos No 1

Anexo 1.2 Formato de toma de datos No 2

Anexo 1.3 Formato de toma de datos No 3

Anexo 1.4 Formato de toma de datos No 4

Anexo 1.5 Formato de toma de datos No 5

Anexo 1.6 Formato de toma de datos No 6

Anexo 1.7 Formato de toma de datos No 7

Anexo 1.8 Formato de toma de datos No 8

Anexo 1.9 Formato de toma de datos No 9

Anexo 1.10 Formato de toma de datos No 10

Anexo 1.11 Formato de toma de datos No 11

Anexo 1.12 Formato de toma de datos No 12

Anexo 1.13 Formato de toma de datos No 13

Anexo 1.14 Formato de toma de datos No 14

Anexo 2. Formato de fotografías.

Anexo 2.1 Formato de fotografías No 1

Anexo 2.2 Formato de fotografías No 2

Anexo 2.3 Formato de fotografías No 3

Anexo 2.4 Formato de fotografías No 4

Anexo 2.5 Formato de fotografías No 5

Anexo 2.6 Formato de fotografías No 6

Anexo 2.7 Formato de fotografías No 7

Anexo 2.8 Formato de fotografías No 8

Anexo 2.9 Formato de fotografías No 9

Anexo 2.10 Formato de fotografías No 10

Anexo 2.11 Formato de fotografías No 11

Anexo 2.12 Formato de fotografías No 12

Anexo 2.13 Formato de fotografías No 13

Anexo 2.14 Formato de fotografías No 14

Anexo 3 Fisurimetro

1. RESUMEN

Mediante la metodología del diagnóstico de una construcción en una investigación preliminar, se realiza una consulta bibliográfica, que busca mostrar a los lectores el concepto mismo de patología de estructuras, llevándolo desde los más simple como la definición, su historia, hasta los diferentes tipos de patologías que pueda presentar una edificación y sus características, así mismo poner en contexto lo que conlleva un diagnostico patológico preliminar.

El presente proyecto consta de dos partes, recopilación de información bibliográfica, y un diagnostico de una construcción con el alcance de una investigación preliminar de la fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza de la Universidad Santo Tomas. Durante el desarrollo del estudio se tiene en cuenta toda la información recopilada en la investigación bibliográfica, seguida de un trabajo de campo donde se analiza la fachada en sus tres plantas, se realiza una toma de datos de los diferentes tipos de patología que presenta la estructura con sus formatos correspondientes, acompañada de un registro fotográfico para posterior análisis de los resultados encontrados. A partir de los análisis realizados finalmente se hacen una serie de conclusiones y recomendaciones que ayudaran a la Universidad a mejorar el estado actual del edificio.

2. INTRODUCCION

La *patología de la construcción*, en tanto saber asociado a la construcción misma, se remonta a los orígenes de esta. Las distintas lesiones que las edificaciones presentaban hicieron que los constructores comenzaran a interrogarse por el diagnóstico de estas y por las distintas técnicas y métodos para la recuperación y rehabilitación de las estructuras construidas. (G. Puente Cárdenas: 2007; pp. 4).

El propósito de este trabajo es realizar un diagnóstico en forma de investigación preliminar a la fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza de la universidad Santo tomas, para determinar su estado actual basados en una consulta bibliográfica previa, este investigación preliminar dará puntos de partida para futuras investigaciones que se le puedan hacer a todo el edificio y en mayor profundidad por semilleros de investigación de la universidad.

3. JUSTIFICACION

El edificio de arcos Alberto E. Ariza de la Universidad Santo Tomas, presenta una serie de deterioros que se evidencian a simple vista, la fachada oriental del edificio que es el caso a estudiar, es donde más se evidencian estos deterioros, con este proyecto se busca primero aportar una información clasificada y ordenada sobre patología de los materiales en estructuras de mampostería a la universidad para futuras investigaciones, y segundo establecer los tipos y origen de estos deterioros y su metodología de diagnóstico.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Realizar un estudio de patología e la construcción en fase de investigación preliminar para estructuras de mampostería como caso de estudio la fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza (Arcos), de la universidad Santo Tomas.

4.2. Objetivos Específicos

Realizar una recopilación de referencias bibliográfica clasificándola y ordenándola por temas hasta construir un marco teórico definitivo y detallado.

Aplicar este marco a un caso de estudio para determinar un diagnostico en fase de investigación preliminar a la fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza (arcos) de la universidad Santo Tomas

Realizar un informe con los resultados del diagnóstico en la investigación preliminar realizado, y hacer una conclusión general sobre el proyecto que muestre el proceso de recolección de información y aplicación en el caso práctico.

5. MARCO TEORICO

5.1. Definición de patología

El vocablo Patología, proveniente del griego *pathos* (enfermedad) y *logos* (tratado). Es un concepto asociado tradicionalmente a las ciencias médicas, sus especialistas se encargan del diagnóstico, descripción y sistematización de las enfermedades. Según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, la patología es el "conjunto de síntomas de una enfermedad". Estas definiciones son retomadas y extrapoladas por la Ingeniería civil, siendo entonces la patología de la construcción la ciencia que se encarga de "*estudiar los problemas o enfermedades que surgen en los edificios después de construidos"* (Zanni: 2008; 25). El mismo autor aclara que si bien este concepto refiere con exclusividad a los *edificios después de construidos,* la labor del patólogo se extiende también a la prevención de posibles fallas desde el diseño mismo. Dicha labor se ejerce en distintos niveles de acuerdo con la gravedad de la *enfermedad:* puede ir de la restauración mínima a operaciones más complejas e incluso, la *eutanasia* o demolición. Para Puente Cárdenas, la Patología de la construcción es la parte de la ingeniería "*que estudia los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, o sea, es el estudio de las partes que componen el diagnóstico del problema"*. (Cárdenas; 2007: 9) El estudio de estos síntomas se constituye para el autor en la fuente de la que se nutre la patología, permitiendo el registro y la acción adecuada según sea el caso. El síntoma, según Zanni, es la *"Manifestación extrema sensible de una alteración producida en el estado ideal de equilibrio, de funcionamiento o de servicio, de un edificio."* (Zanni, 2008). Esta manifestación, en general debe ser perceptible de manera sensible (ruidos, anomalías de visualización) y es el indicador ineludible de una lesión.

Ahora bien, la Patología de la Construcción se constituye en la identificación y registro de las anomalías de una estructura específica, y amplía su acción hacia la determinación de las causas de tales anomalías configurando un sistema que va desde las causas físicas y químicas de los materiales, hasta el estado del suelo y las marcas del tiempo en la edificación. Como se había indicado con antelación, la patología de estructuras no se aplica con exclusividad a edificaciones con daños y lesiones evidentes, sino que puede ser de tipo preventivo, en cuyo caso se harían los chequeos habituales y se tomarán medidas a partir de las recomendaciones correspondientes para la prolongación de su funcionamiento óptimo.

Para determinar un procedimiento de estudio adecuado, el especialista deberá hacer un seguimiento detallado. Tal proceso empieza con la observación y el análisis, fase en la que se hará la revisión de los factores visibles que resultan anómalos –si se determina que son de gran profundidad, se tomarán medidas urgentes (evacuación, apuntalamiento, entre otros)-, así como las pruebas tendientes a confirmar el posible origen de los problemas o lesiones. En el diagnóstico, la segunda fase se basa en exponer las causas y consecuencias de las lesiones –en el caso de una intervención urgente, se daría cabida a un pronóstico, en el que se describe con detalle la posible evolución de la lesión o lesiones en cuestión. Continua la tercera fase, que sería el plan de acción o procedimiento de estudio, en el que se harán explícitas las acciones que permitirían un desarrollo efectivo de acuerdo a los resultados arrojados en el resto del proceso. Aquí deberán tenerse en cuenta diferentes factores que van desde el tipo de tratamiento que será necesario para la estructura (reparación, reemplazo, demolición), hasta los recursos con los que se cuenta para la realización del tratamiento. Y, como última fase el registro, que tendrá como función la documentación de todo el procedimiento desde el análisis, con el fin de dejar constancia ante posibles eventualidades (Zanni; 2008: 29).

Al igual que en la medicina, y su estudio de las enfermedades en los seres humanos, se registra que las *enfermedades* de las construcciones tienen diversos orígenes, que pueden estar relacionados tanto con factores internos como externos. Por esto, Mercedes Florentín Saldaña define la patología como "*el conjunto de enfermedades, de origen químico, físico, mecánico o electroquímico, y sus soluciones."* (Florentín; 2009: 10). Para el diagnóstico efectivo existen varios tipos de especialistas que harían sus análisis de acuerdo a sus focos de interpelación (Geólogos, Geotecnistas, Ingenieros químicos, Arquitectos, ingenieros civiles, entre otros), usando técnicas que consideren adecuadas para el caso específico sean invasivas o no, o sean de tipo mecánico, químico, etc. Para esto se deben tener en cuenta instrumentos y métodos como en este caso (Metrología, macrografía, micrografía, radiografía, sondas, martillo Schmidt, ultrasonido, entre otros). Los resultados de un buen diagnóstico y terapia, dependen de la articulación entre los saberes de cada uno de los especialistas.

De acuerdo a lo anterior, la Patología de la construcción es la ciencia desde la que diferentes especialistas observan, analizan y ensamblan un plan de acción que, llevado a la práctica, permita el tratamiento, no solo de los síntomas –que como se dijo, son de diversa índole- sino, principalmente de sus causas, con el objetivo de dar mayor durabilidad y resistencia a una estructura determinada.

5.2. Historia de la patología

La *patología de la construcción*, en tanto saber asociado a la construcción misma, se remonta a los orígenes de esta. Las distintas lesiones que las edificaciones presentaban hicieron que los constructores comenzaran a interrogarse por el diagnóstico de estas y por las distintas técnicas y métodos para la recuperación y rehabilitación de las estructuras construidas. A lo largo de su historia cinco tipos

generales de construcciones han sido objeto de este análisis, a saber: a) residencias; b) locales comerciales; c) instalaciones industriales; d)infraestructuras públicas y; e) edificaciones consideradas como patrimonio cultural. De este modo, las etapas de construcción (planeación del proyecto, plano arquitectónico, plano estructural, plano de instalación hidráulica y sanitaria, plano de instalación eléctrica, plano de instalación de gas, plano de elementos complementarios y plano de acabados) serían considerados como variables contextuales para el diagnóstico de las anomalías causadas por el deterioro o por errores objetivos en las estructuras edificadas.

Las primeras construcciones de mampostería fueron elaboradas a partir de una masa amorfa de barro que para su endurecimiento era secado al calor del sol. Esta unidad sería conocida con el nombre de *adobe* y en la antigüedad se utilizaría para la construcción de las murallas de Jericó (actual Cisjordania) alrededor de 7.350 a años A.C. Posteriormente, cerca del 3.000 A.C., en la ciudad de Ur al sur de Mesopotamia, fueron creadas otras unidades artificiales de tierra y arcilla cocida a partir de las cuales se elaborarían numerosas construcciones de mampostería, técnica que constituiría la infraestructura básica de las primeras civilizaciones. A partir de estas primeras experiencias, comenzarían entonces a levantarse enormes construcciones de ladrillos asentados con betún o alquitrán, materiales cuyos antecedentes más antiguos se encontrarían trabajados en las ruinas de la Torre de Babel. (G. Puente Cárdenas: 2007; pp. 4)

En la época moderna, si bien entre las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX las construcciones urbanas destinadas a usos diversos fueron realizadas fundamentalmente en mampostería de ladrillos cerámicos comunes, existe una etapa de transición hacia el uso intensivo de concreto. En ellas las construcciones se definen como híbridas, ya que emplean mampostería con perfiles metálicos como elemento estructural (vigas, columnas, etc.), para

conformar los refuerzos de losas, levamiento de estructuras híbridas y construcciones ubicadas fundamentalmente en ambientes rurales y urbanos. (L.P. Traversa, A. Dimaio, F. Lloro, G.A. Martínez: 2010; pp. 6).

Sin embargo existe una etapa de transición hacia el uso intensivo del concreto reforzado; en la historia de la patología de la construcción es posible ver cómo ha ido evolucionando el conjunto de normas destinadas al mejoramiento de las condiciones en las que se desarrolla la construcción. Los criterios de seguridad para la realización de obras civiles, que se remontarían al código instaurado alrededor del 1.700 A.C. por el rey Hammurabi en la antigua Babilonia, donde los accidentes por causa de cualquier descuido en las actividades de la construcción podían ser castigados hasta con la pena de muerte, constituiría su antecedente más remoto. En la actualidad encontramos distintas instituciones que contribuyen a la determinación de las normas estándar que regulan el diseño y los procedimientos de la construcción. Por ejemplo, la Sociedad Colombiana de Ingeniería. También la American RailwayEngineeringAssociation, fundada desde 1918, la cual ha desarrollado investigaciones dedicadas al análisis de accidentes producidos en las construcciones de concreto asociados a la calidad de los materiales, los errores del proyecto y la ejecución, los desencofrados y cargas prematuras de la estructura, cimientos insuficientes o incendios. En cuanto a los estándares de regulación encontramos ejemplos tales como el Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente (NSR-10) que rigen las prácticas de construcción en Colombia o en la Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios (Carta de Venecia de 1964). Dichas normas se han derivado de escenarios como aquel en el que, durante el año 1968, la Organización de Estados Americanos (OEA) realizaría en el Ecuador. En este encuentro interamericano se debatirían los procedimientos estandarizados para la preservación de monumentos y series arquitectónicas consideradas como patrimonio cultural. (G. Puente Cárdenas: 2007; pp. 4)

Aunque la patología de la construcción se estableció como problema de estudio en la década de los 70's, el análisis de los materiales y métodos de construcción han tenido una evolución más extensa en el tiempo. (E. Zanni: 2008; pp. 7) Las técnicas de mejoramiento, rehabilitación e intervención en edificaciones, a partir de la identificación de lesiones o daños que esta pueda tener, ha sido una práctica constante.

5.3. Antecedentes

Con el paso del tiempo y con experiencias vividas en diferentes países incluyendo el nuestro, la patología de la construcción y la reconstrucción de edificaciones deterioradas ha tomado fuerza, son muchas las construcciones que han sufrido daños: ya sea por mala calidad de los materiales, por procesos inadecuados de construcción, o, simplemente, por el paso del tiempo. Sobre el particular se han hecho diversos estudios patológicos a diferentes estructuras que hoy sirven de referencia para la realización o mejoramiento de proyectos similares.

En el presente apartado se tomaran cuatro casos de estudio que se consideran de utilidad para el presente proyecto, en los que se pondrán de presente, en distintos escenarios, varias experiencias donde se aplicó la patología de estructuras en rehabilitación de edificaciones antiguas o de conservación de patrimonio cultural. Esta, en los términos de Enrique Zanni: "*hace referencia a todas las acciones tendientes a mantener el bien en cuestión, en un estado óptimo, lo más intacto posible. Por ende, al hablar de conservación estamos aludiendo al mantenimiento preventivo, es decir, previo a la aparición de cualquier síntoma de deterioro*" (Zanni; 2008: 26) Sin embargo, como se verá, la conservación de bienes patrimoniales, no sólo depende de las buenas intenciones del profesional en la materia, sino de cuestiones económicas y hasta políticas, lo que, en la mayor

parte de los casos lleva al retardo de las acciones que puedan ejercerse previas al deterioro visible de las edificaciones. En tales casos, los procedimientos que serían de conservación, pasan a restauraciones definidas por Zanni así: *"(…) el Restauro implica inevitablemente una actuación de consecuencias más agresivas, tendiente a rehabilitar un objeto o parte de él que ya haya sufrido la acción deletérea de un proceso patológico"* (Zanni; 2008: 26).

5.3.1. Caso 1: Propuesta de normativa para la rehabilitación símica de edificaciones patrimoniales

Teniendo en cuenta el listado de la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura, se han declarado 1.133 Monumentos Nacionales y 47 Centros Históricos, de los cuales el 80% se encuentra construido en tierra. En la actualidad este patrimonio se ve amenazado y deteriorado por diversos factores medio ambientales, como procesos de deterioro por humedad y los eventos sísmicos; es importante mencionar que terremotos ocasionados dentro del ámbito colombiano, han ratificado la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en tierra. Con el fin de generar solución del problema sísmico de las edificaciones en tierra, se han realizado investigaciones en algunas de las mejores universidades del país en torno al conocimiento de las propiedades de los materiales y del comportamiento de los sistemas estructurales en tierra ante fuerzas sísmicas.

Dentro de estas investigaciones se han propuesto diferentes alternativas de rehabilitación sísmica viables desde el punto de vista técnico y que consideran, en algunos casos, aspectos arquitectónicos. Teniendo el objetivo de rehabilitar para preservar. Se ha propuesto usar mallas metálicas, refuerzo con maderas de confinamiento, refuerzo con tensores de acero, contrafuertes, diversos tipos de vigas de coronación, etc. La norma sismo resistente colombiana (NSR-10) no incluye apartados específicos sobre la manera de rehabilitar sísmicamente las

construcciones vernáculas. Los autores, que han trabajado por más de una década en rehabilitación y restauración de edificaciones en tierra, se dieron a la tarea de elaborar una propuesta (un borrador) de una futura normativa que sea incluida en las continuas actualizaciones que tiene la Norma Sismo Resistente de la República de Colombia.

Lo que los autores plantean es una primera aproximación que se espera sirva como semilla para una futura inclusión en la normatividad.

- Propuesta de norma

* Propósito: lograr un comportamiento apropiado de las construcciones patrimoniales y su integridad estructural bajo las condiciones de carga vertical permanente o transitoria.

* Alcance: los lineamientos generales para la intervención de Bienes de Interés Cultural (BIC) edificados en tierra. La intervención al patrimonio deberá además ceñirse a su nivel de protección y al tipo de intervención establecidas en la normativa vigente, emanada por las entidades encargadas de la protección del patrimonio.

- Caracterización de los materiales

* Investigación experimental del material constitutivo de los muros: Antes de iniciar un proceso de rehabilitación de edificaciones patrimoniales en tierra se deberán extraer muestras de la mampostería con el fin de realizar pruebas de resistencia (mecánicas), físicas y químicas. Se deberán investigar las propiedades de al menos el 50 % de los muros de carga en el caso del adobe.

* Caracterización física: A las muestras extraídas se les deberán realizar las siguientes pruebas de acuerdo con las normas técnicas de INV E 123:

Composición granulométrica, INV E 128: Peso específico, INV E 121: Contenido de materia orgánica, INV E 122: Determinación de la humedad, INV E 125: Determinación del límite líquido.

* Caracterización química: Para las muestras extraídas se deberán determinar los elementos químicos existentes en las muestras del material estructural al igual que determinar patrones de dilución de los componentes químicos.

* Mortero de pega y de rebote: Se realizar un estudio físico químico para determinar sus principales componentes.

* Rangos de propiedades para el adobe y la tapia pisada: Estas propiedades corresponden a estructuras existentes y no consideran ningún tipo de adición o estabilizante.

- Niveles de Intervencion

Son las pautas o criterios relacionados con la conservación de los valores del inmueble y su zona de influencia. De acuerdo a lo determinado por el Decreto 763 de 2009, articulo 20, los niveles de intervención, sin perjuicio de la facultad del Ministerio de reglamentar por vía general otros niveles de intervención para BIC del ámbito nacional y territorial son:

Nivel 1. Conservación integral: Se aplica a inmuebles del grupo arquitectónico de excepcional ser preservados en su integralidad.

Nivel 2. Conservación del tipo arquitectónico: Se aplica a Inmuebles del Grupo Arquitectónico con características representativas en términos de implantación predial (rural o urbana), volumen edificado, organización espacial y elementos ornamentales las cuales deben ser conservadas.

Nivel 3. Conservación contextual. Se aplica a inmuebles ubicados en un Sector Urbano, los cuales, aun cuando no tengan características arquitectónicas representativas, por su implantación, volumen, perfil y materiales, son compatibles con el contexto.

- Tipos de obras permitidas

Las obras permitidas dentro de los Bienes de Interés cultural, basadas con el Decreto 763 de 2009, artículo 41, previa autorización de la autoridad competente son: primeros auxilios, reforzamiento estructural rehabilitación o adecuación funcional, restauración, obras nuevas, ampliación, consolidación, demolición, liberación, modificación, reconstrucción y reintegración.

Las alternativas de rehabilitación propuestas tienen por objetivo disminuir el riesgo sísmico al que están sometidas las edificaciones en tierra. Se pretende evitar el colapso de la edificación durante el evento sísmico, o en lo posible, retardar dicho colapso para permitir la salida de los ocupantes y evitar con esto la pérdida de vidas humanas.

Las edificaciones de adobe y tapia presentan dos grandes deficiencias que las hacen altamente vulnerables ante la acción de los sismos. La primera de ellas es la falta de un diafragma rígido en el plano de los entrepisos y de la cubierta. La segunda deficiencia es la poca capacidad a flexión de los muros de tierra sin carga vertical.

Las medidas de rehabilitación se orientan principalmente a generar una estabilización de las edificaciones más que a un reforzamiento estructural de la siguiente forma:

1. Proporcionar un diafragma rígido en el plano con adecuadas conexiones y contactos a los muros perimetrales tratando de minimizar las sobrecargas asociadas.

2. Proporcionar capacidad a la flexión de los muros estructurales principales de la edificación, tanto en el plano del mismo como fuera del plano, tratando de garantizar así una cantidad mínima de muros en las dos direcciones principales de la edificación.

3. En el caso que no exista, ubicar una viga de coronación adecuadamente unida a los muros estructurales.

4. Disminuir la masa de las edificaciones de manera estratégica, ya que al ser el adobe y la tapia pisada materiales cohesivos disminución del esfuerzo cortante resistente en la medida que se disminuye la fuerza axial.

Se han referenciado las principales investigaciones a nivel nacional sobre la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales y no patrimoniales en tierra. Con base en lo anterior se propuso el borrador del texto a incluir en las futuras actualizaciones de la Normativa Sismo resistente de la República de Colombia. (NSR-10). Se propone la creación simultánea de la normativa en conjunto con una Comisión asesora permanente para las construcciones patrimoniales y construcciones en tierra. (Ruiz Valencia, López Pérez, Rivera; 2012)

5.3.2. Caso2: Preservación del centro histórico de OuroPreto (Brasil)

El desarrollo de la economía brasilera en el siglo XX fue considerable, por lo que su infraestructura se ha visto forzada a cambios para el mejoramiento de la calidad de vida y las necesidades propias de la industria. Ahora bien, dicho cambio, según

plantea la autora, ha tenido sus consecuencias en la identidad histórica que está plasmada en edificaciones con valor patrimonial y monumentos históricos.

La ciudad de OuroPretoenMinas Gerais fue nombrada como patrimonio de la humanidad por la UNESCO, por lo mismo se considera como parte de la identidad del país. En el siglo XIX se le hizo un proceso de rehabilitación de las estructuras que presentaban patologías como fisuras, grietas, desprendimientos y humedades. La metodología de rehabilitación utilizada se hizo a partir de un diagnóstico, en este se determinó que era posible llevar a cabo un proceso de restauración que mantuviera el carácter e identidad de las edificaciones, ya que eran lesiones por el uso normal y antigüedad de las edificaciones y no correspondía a daños irreparables donde fuera necesario demoler, este procesos se hizo exitosamente, y esto en su momento fue bien visto por los pobladores de la región.

A mediados de los años 70, según muestra la autora (Oliviera, 2002), los cambios de orden económico e industrial obligan a la reestructuración de los espacios, si bien existía alguna normatividad que regulaba el mantenimiento de las edificaciones o al menos de sus fachadas, los mecanismos de control fueron ineficaces puesto que el aumento demográfico creció significativamente dificultando la labor reguladora. Frente a esta cuestión, y con el fin de conservar el carácter histórico del lugar se construyeron planes de ordenamiento territorial que la administración de la época no aprobó, teniendo como consecuencia la apertura de una brecha entre los intereses de la administración local y las normativas institucionales.

Imagen 1: *Foto panorámica de la cuidad de OuroPreto (Brasil)*[fotografía]publicada en "La preservación del centro histórico de la ciudad de OuroPreto.", Junio de 1970.

En la actualidad, existen leyes Brasileras que pretenden la preservación de la ciudad, de modo que antes de realizar restauraciones, se debe hacer un estudio patológico, de tal manera que se sepa el estado actual de las estructuras, y de ser posible adelantar procesos de rehabilitación en el cual no afecte el patrimonio arquitectónico de la población tal como se hizo tiempo atrás. Para el caso de las nuevas construcciones estas leyes obligan a seguir diferentes parámetros entre otros a usar materiales, colores, características similares a los de las otras construcciones y que no superen la altura de las edificaciones de conservación, de modo que se mantenga el carácter arquitectónico original.

Si bien el caso que muestra la autora es concreto, ella sostiene que las medidas que se tomaron, son aplicables en diferentes lugares del mundo. Ahora bien, el dilema entre la modernización y la conservación no debería procurar ningún problema, como en el caso de OuroPreto, construir políticas que mantengan el equilibrio entre estas dos partes.

El estudio patológico que nos muestra la autora no solo se basa en una restauración de las edificaciones, sino que mediante un estudio exhaustivo y

detallado de las lesiones que se presentan podemos llegar a la rehabilitación y conservación de estas. (Oliveira G, 2008)

5.3.3. Caso 3: Utilización de la piedra natural en restauración.

La roca, como material de construcción ha sido ampliamente usada a través de los siglos por su durabilidad, maleabilidad y resistencia: muchas iglesias y fuertes militares fueron construidos con este material, y aún en la actualidad se encuentran en buenas condiciones. Sin embargo, en caso de deterioro, los contextos en términos de ambiente tienen un fuerte impacto sobre dicho proceso, por lo que la elección del material es de gran importancia; generalmente, para este tipo de construcción las rocas más utilizadas son las de cantera y las ornamentales, debido a sus características para uso como material. Las primeras por sus propiedades mecánicas y su facilidad de labrado y las segundas por su belleza.

En el caso de las restauraciones a edificaciones con valor patrimonial que tengan como materia prima este material, se debe ser a partir de un diagnostico patológico detallado, donde se tengan en cuenta las propiedades de el material, y de acuerdo a las patologías mostradas por las edificaciones (que en el caso de la piedra natural la erosión afecta directamente su vida útil, ya que agentes como la lluvia y el viento produce desgaste, fisuras y en los casos más críticos grietas y desprendimientos)según el resultado del diagnóstico patológico determinar el procesos de rehabilitación más óptimo ya que de un lado se debe garantizar la seguridad y durabilidad, y de otro, la perpetuación de la identidad histórica del lugar. Para ello, el conocimiento de la historia del monumento, es necesario (fecha aproximada de construcción, tipo de material utilizado), de manera que el material para la restauración sea lo más cercano posible al original; por otra parte, será de

vital importancia incluir en el estudio patológico ensayos que determinen las condiciones ambientales, que, como se dijo, tienen gran impacto sobre las estructuras: agentes como la humedad, los movimientos eólicos, entre otros, son contribuyentes al deterioro progresivo de los materiales. Con respecto a estos últimos se deben hacer estudios petrográficos que permitan determinar su estructura, así como la procedencia y estado de conservación; el discernimiento de estos datos proporcionará datos sobre la resistencia del material y, consecuentemente de la vida útil del mismo. En España, la roca como material de construcción tiene gran acogida, tanto para la restauración y conservación, como para las edificaciones modernas que buscan un toque rústico en sus acabados.

Con respecto a las edificaciones que se consideren patrimoniales, existen leyes que impiden el reemplazo de materiales, a menos, que se demuestre que el material está directamente relacionado con el deterioro de la estructura. A finales del siglo XIX , se dio una amplia discusión de la que se recogen principalmente tres posturas: 1) Las edificaciones deberían construirse partiendo de los restos de las originales (Eugene Viollet 1851), 2) La intervención sólo debe darse en las partes más deterioradas de la estructura arquitectónica con el fin de conservar la mayor parte de la construcción (Jhon Ruskin, 1978) 3) la de (Camilo Boitalanza 1908) que concilia ambos extremos y propone la intervención de la manera menos invasiva posible en los casos en que esto pueda ser así, de lo contrario, defiende la intervención completa a la estructura a condición de dejar los registros pertinentes de cada una de ellas de manera diferenciada, respecto del resto del edificio.

Existen cuatro puntos importantes que se desprenden de las mencionadas posturas:

- Intervención mínima
- Respeto a la autenticidad

- Diferenciación de lo restaurado a lo original
- Considerar a cada obra como elemento individualizado donde es difícil establecer reglas generales.

(Fort, 2006)

5.3.4. Caso 4: El pelourinho de Bahía

Salvador de Bahía fue una de las primeras ciudades de América Latina en la que empezó a implementarse la recuperación de los monumentos históricos y las edificaciones con arquitectura considerada patrimonial, en 1967, se promulgó que la ciudad se encontraba igual nivel con las construcciones europeas antiguas, de manera que debían ser preservadas y recuperadas.

Para 1968, en el encuentro de la OEA llevado a cabo en Ecuador se presenta en la agenda un punto sobre la preservación de monumentos de patrimonio cultural. Para entonces el régimen militar del país (Brasil), no estuvo totalmente en acuerdo con lo expuesto en el informe presentado en el evento, de modo que debió ser la administración de la propia ciudad de Bahía la que asumió las restauraciones, proceso que no tuvo tanto éxito ya que la ciudad requería de un estudio patológico para determinar qué tipo de rehabilitación era el más adecuado, y este no se realizó, solo fueron pocas las restauraciones que se hicieron a pequeños monumentos y fachadas, de otro lado existía cierta resistencia por parte de algún sector de la población.

En medio de las tensiones, el centro histórico de Salvador de Bahía se convirtió en centro turístico, al igual que otros monumentos alrededor del mundo, por lo que la administración local apostó a la construcción de un moderno centro histórico en el que sólo se conservarían ciertas partes de las edificaciones y monumentos, dando como consecuencia no únicamente el cambio físico del espacio, sino la modificación del significado mismo de la conservación. Es en 1980 cuando

intentan adoptar una postura diametralmente opuesta, que se ve truncada por la falta de recursos, lo que trajo como consecuencia directa la progresiva degradación del espacio y el cierre preventivo.

Imagen 2:*Foto del centro histórico de Salvador Bahía.*[fotografía]**:**Publicado en " Elpelourinho de Bahía, cuarto décadas después "Agosto de 1967.

En 1990, el Senador Carlos Maganhaes en parte para recuperar su imagen y en parte para convertir el centro histórico en un producto de *city marketing,* lanzó un proyecto de rehabilitación del lugar, basado en ejemplos de conservación de otros lugares de América Latina, especialistas en patología, realizaron estudio patológico general para determinar el grado de vulnerabilidad de las construcciones, allí se determinó el estado de las edificaciones, algunas se deberían reforzar estructuralmente y en su mayoría las fachadas presentaban lesiones como fisuras , grietas y humedades, también el estudio se planteó que, en la medida de lo posible, los materiales debían ser similares a los de la construcción original. Para la puesta en marcha de dicho proyecto de rehabilitación, debieron desalojar y trasladar la mayoría de los habitantes de la zona a poblaciones cercanas. Ya en el año 1999 se habían rehabilitado 600

edificaciones con una fuerte inversión económica que hasta 1996 había provenido de la administración local.

Este ejemplo que utiliza el autor tiene como principio demostrar que los centros o monumentos históricos deben ser preservados a tiempo, con estudios de patología realizados por especialistas donde se determine el proceso de rehabilitación más idóneo. Si bien el centro histórico de Salvador de Bahía fue rehabilitado después de muchos intentos, el proceso, más allá de los intereses derivados del turismo, tuvo como consecuencia la restauración y conservación histórica de la identidad de los habitantes.(Ormidio de Acevedo, 2004)

5.3.5. Caso 5: Estudio de patología y vulnerabilidad sísmica del edificio de la Diócesis de Sincelejo- Sucre.

Considerando la importancia que tiene la Diócesis de Sincelejo para la comunidad en tanto espacio de congregación y configuración de dinámicas comunitarias, que aunque no ha sido declarada monumento de conservación, sí guarda una relación estrecha con la identidad de los habitantes de la ciudad. Los dos autores (Almario, Buelvas, 2006) , afirman que se hace necesaria la intervención, guiada por diagnóstico patológico donde a partir de los resultados que los estudios que este arrojen, tomar medidas que permitan la restauración de la estructuras.

Según ellos, una edificación como esta requiere, junto con el diagnóstico patológico, estudios de vulnerabilidad sísmica debido a su grave deterioro, de manera que pueda determinarse si la estructura se puede conservar (mantenimiento preventivo), reparar (mantenimiento curativo), rehabilitar (intervención de modificación) o si definitivamente no podría cumplir con las normas mínimas de seguridad debiendo ser demolida en su totalidad. Si bien el estudio de los autores está principalmente basado en la medición de la

vulnerabilidad sísmica, es manifiesto que la patología no es una ciencia aislada, sino que por el contrario, puede valerse de otras especialidades para ejercer su labor. De acuerdo con lo anterior, para llevar a cabo una intervención ya sea preventiva o correctiva, es necesario un conocimiento amplio del diagnóstico, pues las causas de las lesiones pueden estar directamente relacionadas con la fase de construcción de la obra, la calidad de los materiales, los agentes físicos y químicos, entre otros.

El estudio patológico consistió en tres etapas, la primera etapa se basa en recopilación de antecedentes históricos que pudieran dar indicio de la fecha de construcción, materiales utilizados, procesos constructivos entre otros, en esta etapa se consultaron obispos que han estado en la Diócesis por largo tiempo, así mismo ingenieros de la época que aportaron detalles constructivos utilizados en el mismo tiempo de construcción de la diócesis

La segunda etapa fue investigación preliminar, en esta parte del estudio se hicieron levantamientos arquitectónicos, toma de fotografías donde se evidencia la gravedad de las lesiones, en la mayoría de la edificación hay grietas de gran tamaño, en algunos casos atraviesan muros por completo.

La tercera etapa fue investigación profunda en esta parte se hizo un plan de pruebas mediante el cual se estableció el grado de afectación de los elementos y materiales en las zonas de mayor afectación, las pruebas realizadas fueron sondeos a los elementos afectados, ensayos de concreto, ensayos de resistencia del acero de refuerzo, modelo de análisis estructural por medio se software.

Si el diagnóstico fuera optimista las medidas para un posible plan de acción deberían tener en cuenta la conservación de la identidad histórica y arquitectónica del edificio. Si, por el contrario, el diagnóstico fuera pesimista podría llegar a recomendar la demolición. Si no de toda la estructura, por lo menos de la parte interna con el fin de hacer reforzamientos con muros de bloque o columnas con perfiles de acero entre muros entre otros. Por el momento, según concluyen los

autores, la estructura no cumple con los requerimientos mínimos de la norma NSR-10, ya que se encuentra sometida a una sobrecarga y esto se evidencia en las patologías encontradas y los resultados de los ensayos, de modo que no puede garantizarse su resistencia, se hicieron en una serie de recomendaciones como son la construcción de muros reforzados, reforzamiento de columnas, demoler algunos arcos y reconstruirlos, entre otras. (Almario, Buelvas, 2006).

5.3.6. Caso 6: La evaluación de la susceptibilidad a los procesos de deterioro de Formación de piedra caliza ornamental La Tampa utiliza en la construcción de Medellín- Colombia

La investigación de los materiales utilizados en ingeniería civil y arquitectura y sus procesos patológicos, ha sido importante en el contexto colombiano, considerando la riqueza patrimonial que requiere estudios aplicados a patología para los trabajos de restauración realizados en la actualidad. Se han realizado trabajos de investigación sobre rocas naturales sedimentarias como areniscas, calizas, granitos y de materiales como el adobe, de gran importancia en la arquitectura colonial en ciudades como Bogotá, Medellín y Tunja.

Becerra Becerra J.E (2009) en su Tesis Doctoral, realizó una investigación sobre las propiedades mineralógicas, químicas y texturales de calizas de la Formación La Tampa (Eoceno Medio), relacionadas con el desarrollo de procesos patológicos en estas rocas utilizadas como pavimentaciones de plazas y como materiales de fachadas, pisos y ornamentos en diversos espacios urbanos y edificios de la arquitectura reciente de Medellín como el Centro de Exposiciones Plaza Mayor, el Parque de los pies descalzos y el Planetario Jesús Emilio Ramírez. Los resultados permitieron determinar las estrategias de conservación de los materiales ya aplicados y los procesos industriales para mejorar la calidad de los productos terminados para su utilización en todos los ambientes y lugares de uso.

Como trabajo de investigación que considera los adobes como material fundamental de elementos estructurales y arquitectónicos, es importante el diagnóstico realizado en el Paredón de los Mártires de la ciudad de Tunja, estructura de tapia pisada, declarada como Bien de Interés Cultural Nacional, por contener los vestigios del sacrificio de importantes mártires boyacenses que ofrendaron su vida por la independencia de la República de Colombia. Presenta graves problemas de deterioro que afectan a la tapia pisada como elemento fundamental y a la estructura de piedra y vidrio que la enmarcan. Se identifican procesos patológicos como fisuras, erosión y arenización, eflorescencias salinas y humedad de la base por absorción capilar, que ponen en riesgo su conservación y hacen necesaria su intervención. Análisis por DRX muestran que la tapia pisada está constituida por cuarzo, plagioclasa con diferencias en su relación Ab-An, desde plagioclasa sódica hasta plagioclasa cálcica y minerales del grupo de la Caolinita, mostrando una estrecha relación con la composición de los sedimentos de la Formación Tilatá, fuente prima para su construcción. Se identifican también sales de Nitrato de Sodio ($NaNO_3$) y Yeso ($CaSO_4.2H_2O$), estrechamente relacionados con la formación de eflorescencias salinas y con la pérdida de propiedades de densidad y resistencia mecánica de la tapia (Becerra Becerra, J.E *et.al.,* 2013).

5.3.7. Caso 7: La extracción minera de areniscas de la Formación Une. Caracterización físico-química, mecánica y de alterabilidad para optimización de extracción y uso en obras civiles y en arquitectura

Es importante mencionar los trabajos de investigación realizados por el Grupo de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería Civil – GIFIC, de la Universidad Santo Tomás. Se destaca entre estos el proyecto de investigación titulado: “La extracción minera de areniscas de la Formación Une. Caracterización físico-química, mecánica y de alterabilidad para optimización de extracción y uso en obras civiles y en arquitectura”. En este proyecto se hace la caracterización de rocas areníticas

conocidas coloquialmente como lajas rústicas, que han sido utilizadas en la construcción del patrimonio histórico y arquitectónico de ciudades como Bogotá, Tunja y otras del oriente colombiano, presentando además gran demanda para proyectos recientes de ingeniería y arquitectura (Becerra, 2013). Los avances en la investigación muestran que, a pesar de que las lajas se encuentran en capas superpuestas aparentemente homogéneas, estas presentan diferencias en mineralogía y propiedades texturales, que determinan la dinámica de circulación de fluidos, sus propiedades mecánicas y susceptibilidad al desarrollo de procesos patológicos. A través de análisis petrográficos, ensayos hídricos y aplicación de técnicas analíticas como Difracción de Rayos X (DRX), Fluorescencia de Rayos X (FRX), microscopía electrónica de barrido (MEB – EDS) y otras, se han determinado las características de los diferentes segmentos productivos, mostrando que el desarrollo de patologías está relacionado con las particularidades en mineralogía y química de las rocas. También se ha establecido que no todos los segmentos rocosos explotados contienen materiales realmente aptos para su uso en obras arquitectónicas, de ingeniería y trabajos de restauración (Becerra Becerra *et.al*., 2014)

5.4. Materiales más utilizados en obras civiles, que pueden estar expuestos a procesos patológicos

5.4.1. Definición

Se define como materiales de construcción todos los elementos o cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma, de tal manera que cumpla con los requisitos mínimos para tal fin, por ejemplo : que cumplan con las propiedades técnicas como resistencia mecánica, desgaste, absorción y resistencia a la compresión. Los primeros materiales empleados por las sociedades humanas para la construcción en algunas regiones

fueron el barro, la piedra y las fibras vegetales como la madera o la paja. En otras regiones, como vimos en el apartado dedicado a la Historia de la patología de la construcción, los primeros materiales habrían sido de carácter artificial o manufacturado como los ladrillos de barro o *adobe* utilizados en las construcciones de la antigüedad.

5.4.2. Características

En lo que respecta a las características inherentes a los distintos tipos de materiales de construcción, estas son evaluadas en, primer lugar, de acuerdo con su grado de disponibilidad y elaboración. He aquí una cierta economía de los materiales como base para el diseño, planeación y ejecución de la construcción. En segundo lugar, se considera la *durabilidad* " material que de los materiales de construcción como un criterio básico cuya necesidad está dada por la naturaleza misma de la ingeniería civil. Y en tercer lugar, los materiales de construcción son evaluados dependiendo de su *resistencia* al uso y al efecto de los procesos naturales del ambiente. En este sentido la dureza, la resistencia mecánica, la resistencia al fuego o la facilidad de limpieza constituyen cualidades determinantes de los materiales y de su aplicación a determinados tipos de obras civiles. En consecuencia, las propiedades de los materiales se convierten en variables de suma importancia de acuerdo con criterios de racionalidad y razonabilidad en la elección de los mismos. Algunas de estas propiedades serían:

a. *Propiedades físicas* como la densidad, la higroscopicidad, el coeficiente de dilatación y la conductividad térmica
b. *Propiedades mecánicas* que indican el comportamiento del material ante fuerzas extremas como la resistencia mecánica, la elasticidad y la plasticidad.

c. En razón a la evaluación de estas propiedades, los materiales deben pasar por rigurosos controles de calidad antes de ser aplicados.
d. propiedades mineralógicas: están compuestas por tres tipos de propiedades, las químicas, las físicas, y cristalográficas. Dentro de las propiedades físicas se encuentran las ópticas como color, raya, brillo y habito. Mecánicas como dureza, tenacidad, densidad, exfoliación, fractura. y electromecánicas.

5.4.3. Tipos de materiales de construcción o materia prima

5.4.3.1. Arena

La arena se define como " material compuesto de partículas de roca" que poseen un diámetro entre 0,05 y 2,0 mm. La arena, dependiendo de su densidad y textura, se utiliza en función de las necesidades de la estructura particular. Dependiendo de su composición se puede clasificar en buena o mala. La arena que es gruesa suele utilizarse con gravilla para la fabricación del concreto para pisos. Por el contrario, la arena fina de construcción se usa para trabajos de mampostería. Sin embargo, una descripción más puntual nos dice que entre los distintos tipos de arena se pueden encontrar:

- La *arena gruesa* varía entre 0,5 mm - 2,0 mm de diámetro según el sistema internacional Attember. Es un tipo de arena más dura, usada para la preparación de la mezcla para asentar los ladrillos y para preparar concreto, el grano más grueso de la arena permite entonces una consistencia más espesa del concreto;

- La *arena fina*varía entre 0,05 mm - 0,2mm de diámetro que se usa en productos como los adhesivos y concreto pobre para colocar baldosas,

cerámicas y piedra natural. También se usa para hacer la boquilla para ladrillos de terminaciones, como en el exterior de una casa, donde se necesita una arena más fina para dar un mejor acabado.

- El *árido* que se usa para cimientos de casas, para elaborar bases de maceteros y como parte de las secciones debajo del suelo en distintas clases de edificios. Los áridos pueden ser cualquier cosa -desde piedras de río hasta grava partida- y se usan para mezclar con concreto y arena gruesa. Incluso pueden usarse para fortalecer los cimientos de estructuras hechas en ladrillo y para rellenar secciones entre ladrillos que requieran de una mayor estabilidad;

- El *balastro* es el más áspero de todos los tipos de arena. En ocasiones es mezclado con árido, arena gruesa y cemento para dar estabilidad a todo lo demás. Este es el material más usual para los cimientos -generalmente como base y vertido alrededor de las barras de acero que se extienden hacia arriba a lo largo de la instalación de ladrillos. Es demasiado áspero para usarse en terminaciones y se puede mezclar con casi cualquier material. (Anderson, 2012)

5.4.3.2. Arcilla

La arcilla es una roca sedimentaria constituida por agregados de silicato y aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato como el granito. Las moléculas de la arcilla son planas, de tal modo que se adhieren entre sí formando vacíos microscópicos más largos. Es por eso que este material tiende a ser maleable cuando está mojado y duro (aunque bastante quebradizo) cuando está seco. Sin embargo, hay muchas clases de arcilla, cada

una con características ligeramente variadas. Algunas se combinan con óxidos minerales y pueden adquirir un arco iris de colores. Para la construcción su característica más interesante es la adherencia al actuar como el pegamento de la mezcla. La tierra arcillosa -es decir, aquella que está sin cocer- ha sido utilizada para la construcción en todos los continentes y a lo largo de toda la historia. En la actualidad esta tierra sigue siendo un material utilizado para la construcción de cierto tipo de edificaciones (en Yemen, New México o Alhambra por ejemplo). Existen otras estructuras (en España por ejemplo) que ha sido trabajadas con el "tapial", el adobe que se obtiene a base de una mezcla entre la arcilla, la arena y la paja. La arcilla se ha caracterizado entonces por ser el material más característico de las técnicas de construcción artesanales y primitivas. Sin embargo, actualmente la arcilla -mezclada con arena, con paja u otros materiales- se usa en aspectos muy puntuales de la construcción tales como revocos o enlucidos, para hacer particiones interiores, suelos de adobe vertido, ladrillos de adobe, "cob", "pisé", ladrillos comprimidos de tierra, tapial, etc. En Colombia, según cifras oficiales del último censo del 2005, realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane, cerca del 16 por ciento de las viviendas han sido construidas en adobe, tapia o bahareque. Pueblos ubicados en Cundinamarca, Boyacá y Cauca, entre otros, se caracterizan por construcciones hechas con materiales en tierra. Un nuevo estudio, realizado por el Taller de Arquitectura en Tierra de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Colombia, a cargo de la profesora Clara Eugenia Sánchez, ha analizado este tipo de edificaciones en nuestro país. Las investigaciones han encontrado que el adobe, la tapia pisada y el bloque de tierra prensado sirven para reforzar y construir casas con una propiedad sismo resistente. En el caso de las construcciones antiguas que utilizaron este material para su construcción, y requieren un mejoramiento o rehabilitación existe el "Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada"

este manual ha sido elaborado por la asociación colombiana de ingeniería sísmica A.I.S.

Con estas mezclas se pueden hacer desde muros de carga hasta relieves esculturales y pinturas. De acuerdo con su uso práctico, las arcillas se clasifican en:

- *Arcillas comunes* son compuestas por dos o más minerales de arcilla generalmente por ilita y esmectita, con cantidades de otros minerales como carbonatos y cuarzo, se utilizan para la fabricación de materiales de construcción y agregados.

- *Arcillas Especiales* son arcillas constituidas fundamentalmente por un solo tipo de mineral de la arcilla, y sus propiedades dependen esencialmente de las características de ese mineral, las arcillas especiales se pueden dividir en caolines y arcillas caoliniferas, bentonitas, sepiolita y paligorskita.

- *Arcillas para gres* que suelen fundirse a temperaturas muy elevadas, pero sintetizan y compactan a temperaturas inferiores, originando productos de nula porosidad y vitrificados

- *Arcillas para porcelana* que tienen un punto de vitrificación muy elevado en el que se añaden un número muy grande de fundentes. (Garcia, Suares, 2008,)

5.4.3.3. Piedra

En la construcción la piedra es considerada como un material que tradicionalmente se utiliza para la ejecución de distintos elementos en la composición de las edificaciones. En primer lugar, se utiliza para la cimentación de

elementos estructurales que transmiten las cargas de la edificación o elementos apoyados distribuyéndolos de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales que puedan desestabilizar la estructura construida. En este sentido, la piedra es muy utilizada para la construcción de los muros de carga, estos tipos de piedra se clasifican en:

- *Sillares* o piezas de material pétreo que se extraen de la cantera ya labradas con paramentos planos y a escuadra. La cara del sillar que queda en un plano horizontal se denomina lecho, las que quedan en un plano vertical, soga, que es la de mayor dimensión, y tizón, la de menor tamaño. La unión de los sillares se realiza mediante argamasa, o simplemente mediante la colocación de las piezas «a hueso», es decir, sin material de unión.

- *Sillarejo* o piezas de piedra –más pequeñas que los sillares- procedentes también de la cantera y labrada así mismo con paramentos planos y a escuadra. El término de sillarejo se aplica principalmente a las piedras que, a diferencia de los sillares, pueden manejarse con una sola mano y;

- *Piedras de mampostería* que son todas aquellas piedras de cantera que no pueden escuadrarse. También se llaman piedras de mampostería a aquellas que se extraen de los ríos o se encuentran en la superficie de la tierra.

Entre los minerales se encuentran algunos con estructuras internas que siguen patrones geométricos. Se les denomina cristales por su brillo, color, y propiedades, algunos son considerados como piedras preciosas.
por su parte, una roca es cualquier agregado mineral formado de modo natural. el termino se aplica a agregados de distintos tamaños, desde la roca solida del manto terrestre hasta la arena y la arcilla. entre los diferentes tipos de roca que se encuentran son:

- *Rocas ígneas* o *rocas magmáticas* formadas por el enfriamiento del magma al interior de la Tierra o en el momento en que el magma brota a la superficie. Los minerales que más se encuentran en estas rocas son los silicatos, el cuarzo y los feldespatos, las micas, los piroxenos, los anfíboles y el olivino. Dentro de las rocas ígneas las más utilizadas para la construcción son:

  1) el *granito* que es un componente fundamental de la corteza continental, una roca muy común. Tiene varias aplicaciones en la construcción debido a su abundancia, firmeza y acabado estético. Suele ser utilizado en la elaboración de adoquines, grava, acabados de piso, fachadas de cocina, baño y chimeneas;

  2) el *basalto* que es una piedra dura de grano fino que se rompe con dificultad. Esta piedra se utiliza en la construcción para el afirmado de las vías de los trenes, construcciones bajo el agua, enladrillados pequeños y en la grava para las carreteras;

  3) la *pumita* o “piedra pómez”, formada por el enfriamiento rápido de una lava rica en gases. La pumita es abundante en zonas volcánicas y se utiliza para los cimientos de las viviendas tradicionales y para los muros construidos con el fin de detener la tierra o dividir las propiedades;

  4) la *diorita* que es una piedra suave utilizada en la construcción como un agregado ornamental en las encimeras de las cocinas;

  (Guerrero, L, 2013)

- *Rocas sedimentarias* o *rocas compuestas por otras rocas* las cuales se forman por medio de la acumulación de sedimentos que se consolidaron en rocas duras a través de un proceso de erosión, transporte y sedimentación

de rocas preexistentes. Las rocas sedimentarias normalmente forman capas o estratos. Entre este tipo de rocas podemos encontrar:

1) La *laja*es una roca plana, lisa y poco gruesa la cual se utiliza para pisos, fachadas de paredes y chimeneas por ser resistente al calor y por tener un buen acabado estético

2) El *Avertino* o roca carbonatada -que contiene fósiles o impresiones de organismos acuáticos- que se forma cerca de las surgencias de aguas subterráneas y que se utiliza frecuentemente para fachadas como elemento ornamental;

3) La *caliza* que es una piedra constituida principalmente por carbonato cálcico, siendo útil como grava para caminos en zonas de alta humedad y para la mampostería y sillería, fachadas, elementos de ornamentación, concreto es, fabricación de la cal y de cemento;

4) Las Areniscas que son de tipo detrítico, de color variable, que contiene clastos del tamaño de la arena. Después de las lutitas son las rocas sedimentarias más comunes en la corteza terrestre. Las areniscas contienen espacios muy pequeños entre sus granos, en rocas de origen reciente estos espacios están sin material sólido mientras que en rocas antiguas se encuentran rellenos de una matriz o de cemento de sílice o carbonato de calcio. Si los espacios no están totalmente rellenos de minerales precipitados y hay cierta porosidad éstos pueden estar llenos de agua o petróleo

- *Rocas metamórficas: e*stas se producen cuando las rocas ígneas o sedimentarias son sometidas a presiones y temperaturas altas. De este

modo se generan cambios en los minerales y en la forma y el arreglo de los granos. Entre los tipos de rocas metamórficas se encuentran:

1) El *mármol* que es una de las rocas más codiciadas en la construcción. El mármol se ha utilizado desde la antigüedad en prácticamente todos los aspectos de la construcción, desde los cimientos hasta los elementos ornamentales finísimos. Siendo una roca muy dura, cobra un brillo perfecto al ser pulida. El mármol puro es totalmente blanco. Sin embargo, son las impurezas las que le dan su variación en el acabado estético;

2) La *pizarra* es una roca oscura constituida por minerales laminares muy finos, de estructura hojosa con las capas claramente marcadas. Se presta para la obtención de placas planas e impermeables de escaso grosor las cuales se emplean en la mampostería para los recubrimientos de exteriores e interiores.

3)Los Gneises es una roca metamórfica compuesta por los mismos minerales que el granito (cuarzo, feldespato y mica) pero con orientación definida en bandas, con capas alternas de minerales claros y oscuros. A veces presenta concreciones feldespáticas distribuidas con regularidad, denominándose en este caso gneis ocelado.

Los gneis reciben diferentes denominaciones en función de los componentes (gneis biotítico, moscovítico), el origen (ortognéis si es producto del metamorfismo de rocas ígneas y paragnéis, si lo es de rocas sedimentarias), o la textura (por ej. gneis ocelados).

(Guerrero, L, 2013)

5.4.3.4 Metálicos

Se denomina **metal** a los elementos químicos caracterizados por ser buenos conductores del calor y la electricidad. Poseen alta densidad y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio); sus sales forman iones electropositivos (cationes) en disolución. Los metales empleados en construcción poseen determinadas características y propiedades, a saber:

- La *densidad* como variable en los metales y que indica el estado sólido o líquido y el procedimiento con que han sido tratados los metales. El metal al estado líquido es menos denso que al sólido, debido al aumento de volumen que experimenta con el calor. Así, si en estado sólido se expande o alarga disminuye su densidad la cual aumenta si se le somete a compresión;

- La *dilatación* pues los metales son materiales que se moldean de acuerdo con los cambios de temperatura ambiental. Se miden linealmente y se fija la unidad de longitud para la variación a partir de 1° C de temperatura;

- La *maleabilidad* como una propiedad de los metales que permite modificarlos en su forma para ser transformados en láminas de poco espesor a temperatura ambiente, por presión continua, martillado o estirado;

- La *ductilidad* en tanto propiedad que permite hilar los metales mediante la tracción. Esta propiedad disminuye con el aumento de temperatura, por lo que el hilado se hace frío, y en consecuencia se vuelve duro y frágil, teniendo que ser recocido;

- La *tenacidad* que es la resistencia que oponen los metales a la separación de las moléculas que los integran, al ser sometidos a esfuerzos de tracción y a los ensayos de elasticidad y alargamiento. La tenacidad aumenta con el temple, laminado, trefilado y añadiendo carbono, con lo que se obtiene el acero. Otros agregados la disminuyen, como por ejemplo el azufre;

- La *fusibilidad* como la propiedad de los metales que les permite pasar del estado sólido al estado líquido y viceversa, mediante cambios adecuados de temperatura. El momento de transición de un estado al otro se denomina “punto de fusión”. Cuanto más bajo sea el punto de fusión, tanto más manuable es el metal;

- La *soldabilidad* o propiedad de unión entre dos metales hasta constituir una sola unidad. Esta unión puede hacerse siempre y cuando las superficies a soldar estén perfectamente limpias. El aluminio es difícil de soldar debido al constante recubrimiento de óxido. En cambio, el hierro, fácil de limpiarse, puede ser nido a baja temperatura.

  (Materiales Metálicos, 2002)

5.4.3.5 Maderas

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación técnica del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La posibilidad de trabajar con este material implica la comprensión de ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, el curado y el secado del mismo. La madera es porosa, combustible, higroscópica y deformable por los cambios de humedad en el ambiental. Puede sufrir alteraciones químicas por efectos del sol y es atacable por el moho y algunos insectos. Entre los diferentes tipos de maderas podemos

encontrar una clasificación según el árbol del que se obtenga. De acuerdo con ello se clasifican en duras y blandas:

- *Maderas Duras* se obtienen de los árboles que pierden las hojas en otoño (caducifolios). De toda esta gran variedad de árboles, sólo 200 existen en cantidad suficiente y son lo bastante flexibles para la carpintería. Estas maderas duras, tienen poros microscópicos en la superficie. El tamaño de estos poros es lo que determina el dibujo de la veta y la textura. Debido a estas características, las maderas duras se clasifican según la apertura del poro en: maderas de poros cerrados (poros pequeños), entre las cuales las más usadas son el cerezo y el arce, y maderas de poros circulares (poros más grandes), entre las cuales las más usadas son el roble, el fresno y el álamo. La madera se clasifica en función del número de defectos que haya en una sección dada del largo y el ancho del tablero. Entre las maderas duras podemos encontrar:

  1) El *roble* de color pardo amarillento. Es una de las mejores maderas que se conocen pues es muy resistente y duradera

  2) El *nogal,* una de las maderas más que se emplea en muebles y decoración de lujo;

  3) El *cerezo* que es una madera muy delicada porque es propensa a sufrir alteraciones y a la carcoma;

  4) La *encina*, de color oscuro, tiene una gran dureza y es difícil de trabajar. Es la madera utilizada en la construcción de cajas de cepillo y garlopas;

5) El *olivo* que usa para trabajos artísticos y en decoración, ya que sus fibras tienen unos dibujos muy vistosos;

6) El *castaño* se emplea en la construcción de puertas de muebles de cocina. Su madera es fuerte y elástica;

- *Maderas blandas* las cuales se obtienen de los árboles de hoja perenne. En carpintería sólo se usa el 25 % de todas las maderas blandas. Esto se debe a que este tipo de madera tiene poros cerrados o pequeños que apenas se perciben en el producto acabado. Las maderas blandas más usadas son el cedro, el abeto, el pino y la picea. Una clasificación de estas maderas nos muestra varias categorías como la “madera dimensional”, clasificada en función de su resistencia y “paneles aparentes”, que se utilizan habitualmente en proyectos de carpintería. Entre las maderas blandas tenemos entonces:

  1) el *álamo* que es poco resistente a la humedad y a la carcoma. Entre este existen dos subtipos, el “álamo blanco”, de corteza plateada y, el álamo negro, más conocido con el nombre de chopo;

  2) el *abedul*, un árbol de madera amarillenta o blanco-rojiza que es elástica, no duradera, empleada en la fabricación de pipas, cajas, zuecos, etc.;

  3) el *aliso,* un tipo de madera que se emplea en ebanistería, tornería y en carpintería, así como en la fabricación de objetos de pequeño tamaño;

  4) el *alnusincana,* un tipo de madera que es blando y ligero, fácil de rajarse. Es utilizado en tallas, cajas y otros objetos de madera.

("Madera en la construcción", 2005)

5.5 Tipos de lesiones

Las lesiones se clasifican según su origen y diagnóstico en:

5.5.1 Lesiones mecánicas

De acuerdo con la Enciclopedia de Broto, las lesiones mecánicas pueden incluirse dentro de las lesiones físicas, sin embargo debido a sus especificidades se considera de un núcleo diferente (Broto: 2005; 33) pueden definirse como "defectos" en una estructura inherentes a ella misma (Astorga: 2009; 7) tienen por lo general origen en diferentes factores de tipo mecánico que provocan movimientos, desgastes y separación de fragmentos en la estructura (Broto: 2005; 33) entre ellos el uso inadecuado de los materiales en el momento de la construcción, problemas de coordinación en la ejecución de la obra civil, e incluso la instauración de una carga externa al edificio. Sus manifestaciones pueden ser: grietas, fisuras, deformaciones y desprendimientos (Florentín: 2009; 7).

5.5.1.1 Fisuras

Se consideran fisuras aquellas lesiones que no sobrepasan 1mm de separación entre bordes, sin embargo, dependerá del ángulo de observancia y de las características propias de la estructura para que sea considerada grieta. (Calavera: 2005) Las fisuras, convencionalmente, pueden ser causadas por diferentes factores, asociados principalmente con el cambio climático y la humedad. Este tipo de lesión, como viene advirtiéndose con antelación, es de carácter superficial, y afecta en mayor proporción los acabados en fachadas, interiores, suelos, entre otros. Su clasificación por causas puede ser así:

- **Fisuras causadas por lluvia**

Las fisuras causadas por lluvias son producidas por la humedad pluvial y sus ciclos que proveen mayor o menor hidratación según sea el caso produciendo dilatación y contracción del material superficial. Este tipo de patología se diferencia de los demás ya que presenta signos visibles como el desconchado de la pintura con el paso del tiempo.

Imagen 3. Fisura en muro estructural y guarda escoba causadas por la lluvia [Fotografía], obtenida el 10 de abril, 2014, de : https://www.construmatica.com

- **Fisuras causadas por heladas**

Este tipo de fisuras es generado por el cambio volumétrico del agua en estado de congelación, los materiales tienden a asumir la forma del material sólido, que cuando cambia nuevamente de estado pierde sus componentes de resistencia, produciendo fracturación en los revestimientos de las estructuras.

Imagen 4. Fisura reflejada en un mineral al estar sometido a cambios de humedad relativa generando así fracturación.[Fotografía], obtenida el 10 de abril,2014 de : https//:www.patologiasconstruccion.net

- **Fisuras causadas por sales**

Este tipo de fisuras están relacionadas con la mezcla de materiales con salinidad entre los componentes del mortero, lo que puede producir afecciones a los revestimientos de las estructuras.

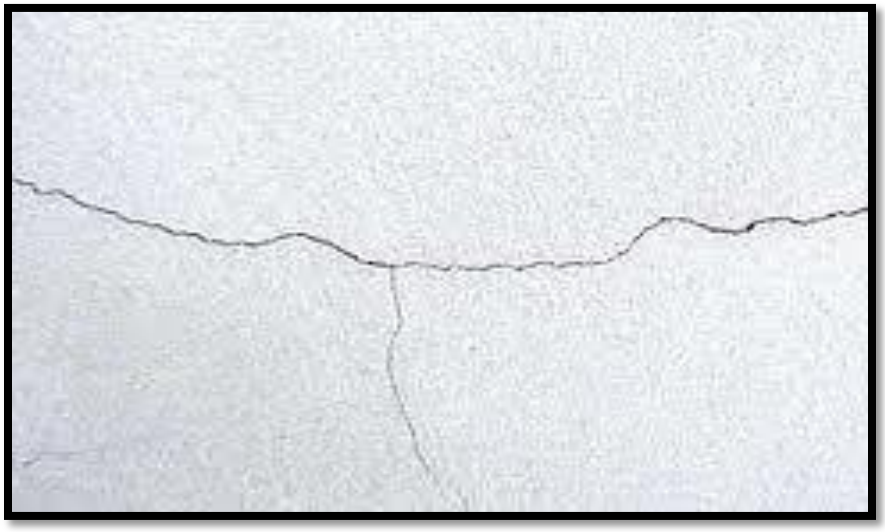


Imagen 5. Fisura generada en el muro causada por alto contenido de sal en el pañete.[Fotografía], obtenida el 8 de abril, 2014, de : https://www.construmatica.com

5.5.1.2 Grietas

Las grietas son separaciones entre partes de la estructura de forma no superficial, es decir, ellas afectan la totalidad de la misma. (Broto: 2005; 33) Se diferencian de las fisuras por el grado de profundidad y afectación, dado que la fisura es superficial. Sin embargo no se descarta, dentro de una patología que ella llegue a convertirse en grieta. Para que una lesión sea considerada como grieta debe sobrepasar los 3mm entre los bordes de la abertura. Puede cubrir el espesor de la estructura y generar rotura. Ahora bien, según el autor José Calavera en su libro "Patología de Estructuras de Hormigón Vol 2", dependiendo del tipo de estructura dicha medición puede variar y la tolerancia a la separación entre los bordes de la grieta puede ser mayor o menor. Para el diagnóstico, el seguimiento de este tipo de lesión es importante: debe determinarse si se trata de una lesión muerta o de una progresiva, ya que el tratamiento para cada una de ellas es distinto y el segundo, tiene un grado de urgencia mayor (Calavera: 1996).

A grandes rasgos se pueden contar diferentes tipos de grieta relacionados con sus causas y orígenes:

- **Grietas Estructurales**

Las grietas estructurales son aquellas que se presentan en las estructuras por exceso en el peso o fuerza de los que originalmente se calcula, generando una rotura en alguna parte de la edificación, por ejemplo un muro, una viga, una columna, entre otros.

Imagen 6. Grieta en muro de fachada causada por sobrepeso en la edificación.[Fotografía], obtenida el 8 de abril, 2014, de : https://www.misgrietas-blogspot.com

- **Grietas por fraguado**

Las grietas por fraguado se presentan por el proceso natural de endurecimiento del concreto, ya que al no tener un buen proceso de curado pierde resistencia y durabilidad. Este no tener un buen proceso de curado pierde resistencia y durabilidad. Este tipo de grietas puede ser evitado con aditamentos a los materiales que refuercen el elemento estructural.

Imagen 7. Grieta en el muro de carga, generado por un proceso mal de curado[Fotografía], obtenida el 10 de abril, 2014, de : https://www.civilgueeks.com

- **Grietas térmicas**

Este tipo de grietas se presentan tanto en estructuras de concreto como en mampostería, y se deben al cambio de volumen por variación de temperatura generando procesos de contracción o de dilatación, este tipo de grietas se diferencia de las causadas por fraguado por la variación drástica de la temperatura.

Imagen 8. Grieta en la parte inferior del suelo causado a la variación de volumen y su gran contenido de humedad[Fotografía], obtenida el 13 de abril, 2014, de : https://www.google.com.ar/search?q=grietastermicas

- **Grietas por desplazamiento**

Se producen a nivel del suelo, tienen que ver con el proceso de cimentación de la estructura. Si bien no se asocian al desplome total o parcial de esta, sí produce desplazamientos no uniformes en la edificación, por consiguiente en el momento de los acabados se generan problemas difíciles de remediar

imagen 9. Grieta reflejada en muro y dintel de ventana causada por desplazamiento de la edificación, [Fotografía], obtenida el 13 de abril, 2014, de : https://www.lavanguardia.com

5.5.1.3 Desprendimientos

Los desprendimientos, como su nombre lo indica, son caídas de material desde diferentes partes de la estructura, son normalmente secundarios, relacionados con humedad, deformaciones o grietas. Pueden ser primarios como consecuencia directa de deformaciones térmicas del material (Monjo: 1994; 30). Según la enciclopedia de Broto pueden verse afectados tanto los acabados tanto continuos como por elementos. Debe prestársele atención puesto que suponen riesgos para los que transiten por la estructura. (Broto: 2005; 34)

- **Desprendimiento por flechas**

Producidas por la flexión de elementos horizontales por la ejecución de fuerzas verticales o consecuencia de la transmisión de elementos horizontales a otros elementos horizontales unidos por empotramiento.

Imagen 10. Gomez, J. (fotografo)(2009), Fisura generada en el empalme de las viguetas con las columnas.[Fotografía]. Obtenida el 15 de abril de 2014 de : https://www.google.com.co/search?rlz=1C1CAFA_enCO604CO604&espv=2&biw

- **Desprendimientos por pandeos**

Este tipo de desprendimiento o de fracturase genera sobre elementos verticales en el caso de las columnas o elementos horizontales como en las vigas, y es cuando se produce una fuerza mayor a la resistencia de los elementos estructurales en la edificación.

Imagen 11. Desprendimiento a causa de sobre carga de la columna generando pandeo del elemento estructural.[Fotografía], obtenida el 15 de abril, 2014, de : https://www.ehowenespañol.com

- **Desprendimientos por desplomes**

Se producen como consecuencia de movimientos horizontales generando fuerzas sobre los elementos verticales hasta llegar a su desplome

Imagen 12. Desprendimientos a causa de un deslizamiento generando desplomes en la estructura[Fotografía], obtenida el 15 de abril, 2014, de : https://www.ecodiario.eleconomista.es

- **Desprendimientos por alabeos**

  Son un tipo de desprendimientos generado por movimientos rotatorios, en su mayoría producido por fuerzas en sentido horizontal produciendo desplomes en los elementos horizontales.

5.5.1.4 Deformaciones

Las deformaciones son lesión es provocadas por la ejecución de fuerzas mayores al soporte calculado para una estructura. Se caracterizan por la deformación de materiales tanto en el acabado como en los elementos estructurales. Según la enciclopedia Broto se dividen en 4 sub- categorías (Broto: 2005;33)

5.5.2 Lesiones físicas

Las lesiones físicas tienen como particularidad que se presentan por acción del medio ambiente (lluvia, viento, cambios de temperatura) dejando como

consecuencia diferentes signos como humedad, erosión, deformación, fragilidad, resecamiento, entre otros. (Florentín: 2009; 6) Dentro de todos, el agua se identifica como uno de los factores que más daños causa a una estructura: puede penetrar como consecuencia de la erosión que genera el viento, o por diferentes espacios de la edificación que presenten algún tipo de fisura. (Cosocollano: 2003; 9) Esta, al entrar en contacto con el ladrillo cerámico o mortero, provoca la erosión y posible destrucción del material que pierde su composición físico-química y en esa medida, su resistencia. Los signos más notables de este tipo de lesión son la humedad y el desprendimiento.

Las lesiones físicas son todas aquellas en que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos físicos como heladas, condensaciones, etc. Y que normalmente su evolución dependerá también de estos procesos físicos (Broto: 2005; 32)

Dentro de este tipo de lesiones, es de considerar que al perder su resistencia y durabilidad en el elemento estructural sometido a carga axial, se genera desprendimientos y grietas causando un daño significativo hasta llegar a pandeos o desplomes del mismo. (Coscollano: 2003; 12)

5.5.2.1 Clasificación de las lesiones físicas

- **Humedades de obra**

Como su nombre lo dice se presenta en el momento de la construcción por manejo inoportuno de materiales, cuando no se ha propiciado la evaporación de sustancias líquidas en los materiales o no se ha ejecutado una barrera de contención para los elementos que puedan humedecer los materiales

Imagen 13. Humedad en el sótano del edificio residencial, a causa de la alta porosidad de los materiales constructivos. [Fotografía], Obtenida el 16 de abril de 2014 de: https// www.soloarquitectura.com

- **Humedad capilar**

Se presenta por absorción de humedad desde el suelo hasta la estructura por medio de los elementos verticales de la estructura, como columnas, vigas, cimentación, muros estructurales, placa cimentación.

Imagen 14. Humedad generada por la mala impermeabilización de la placa de cimentación donde por capilaridad se refleja en el muro divisorio.[Fotografía]. Obtenida el 16 de abril de 2014 de: https//: www.materialesrosario.wordpress.com

- **Humedad Por Infiltración**

La humedad por infiltración se produce por un deterioro de los materiales de construcción y por no hacerle un buen mantenimiento de estos. La humedad se introduce a la estructura desde el exterior por medio de fachadas y cubiertas.

Imagen 15. Humedad reflejada en el techo de la vivienda, por mal drenaje de la cubierta se presenta filtración.[Fotografía]. Obtenida el 16 de abril de 2014 de : https//:www.decoracion-deinteriores.com

- **Humedad de condensación**

Se produce por el proceso de condensación del vapor del agua desde los ambientes con mayor a los de menor presión. De acuerdo a los lugares donde se produce se divide en tres subcategorías:

Imagen 16. Humedad generada en el interior de la vivienda, [Fotografía]. Obtenida el 16 de abril de 2014 de : https//:www.casasrestauradas.com

a. **Condensación superficial interior:** se manifiesta al interior de un cerramiento
b. **Condensación intersticial:** se manifiesta entre la masa del cerramiento o entre dos de sus capas.
c. **Condensación higroscópica:** se produce en la estructura porosa del material que puede contener sales que propiciarían la condensación del vapor

- **Humedad accidental**

Este tipo de humedad es producido por agente antrópico, como rotura de tuberías y de cañerías generando humedades de grandes magnitudes y de consecuencias fatales.

Imagen 17. Humedad causada por rotura de tubería . [Fotografía]. Obtenido el 16 de abril de 2014 de : https//:www.construmatica.com

- **Ensuciamiento por depósito y por lavado diferencial**

Se refiere al depósito de partículas suspendidas en la atmósfera sobre las fachadas exteriores, que podrían introducirse hasta puntos superficiales sin tener una reacción química.

Imagen 18. Suciedad en fachadas debido a falta de mantenimiento, se acumulan partículas en las juntas de los ladrillos. [Fotografía]. Obtenido el 16 de abril de 2014 de: https//:www.habitissmo.es

- **Humedad Atmosférica**

  La erosión se refiere a la pérdida de material o transformación superficial. Puede ser provocada por acción de agentes atmosféricos. (Broto: 2005; 32), (Monjo: 1994; 26)

5.5.3 Lesiones químicas

Las lesiones químicas son debido a distintas reacciones del material con los fluidos del ambiente: hidratación, eflorescencias, corrosión, oxidación, carbonatación. Dependiendo del tipo de material esencialmente de su composición se presenta un tipo de reacción u otro. Así, los feldespatos se descomponen por hidrólisis y pasan a minerales arcillosos, los carbonatos mayoritariamente se

disuelven, los minerales de hierro tienden a oxidarse, muchas sales solubles se hidratan y las arcillas se transforman por cambios iónicos. Todas estas reacciones tienen lugar en medio acuoso y en ellas influye la composición y temperatura del agua, y la superficie específica del material, sobre la que actúan todos estos procesos. (Broto: 2005; 32)

5.5.3.1 Clasificación

- **Eflorescencias**

Se conoce como Eflorescencia la cristalización sobre superficie de sales contenidas en un material que son llevadas al exterior por acción del agua, que las disuelve, y que en su proceso de evaporación la produce. La lesión previa a la eflorescencia es generalmente la humedad. (Monjo: 1994; 28)

Imagen 19. Desprendimiento de la pintura por alto contenido de sales en el pañete, generando así eflorescencias.[Fotografía]. Obtenida el 17 de abril de 2014 de : https//:www.construmatica.com

- **Oxidaciones**

La oxidación generalmente se presenta en el acero de refuerzo, y se genera por la presencia de agua, oxígeno y cambios de temperatura. “Transformación en óxido de la superficie de los materiales en contacto con el oxígeno” (Monjo; 1994; 28)

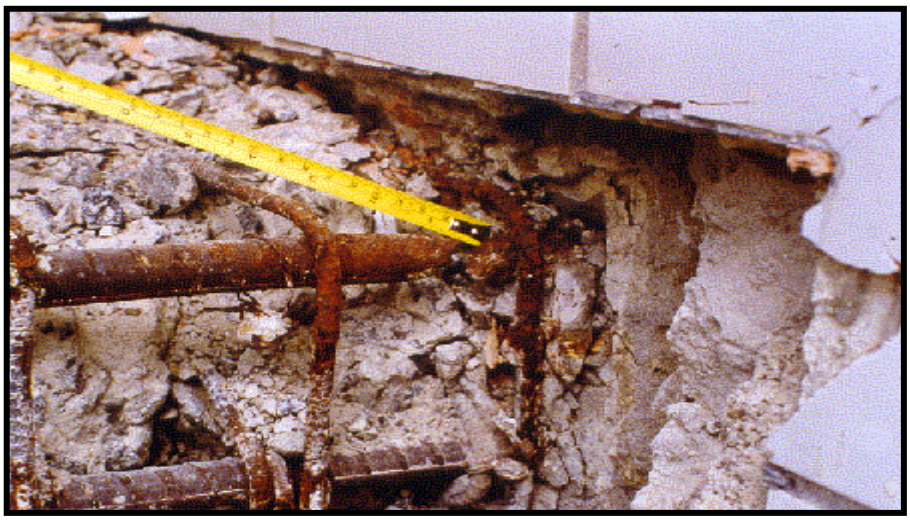


Imagen 20. Oxidación en el acero debido al alto contenido de humedad en el material. [Fotografía]. Obtenida el 17 de abril de 2014 de : https//:www.publiespe-espe.edu.ec

- **Corrosiones**

Se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos. El proceso de corrosión es natural y espontáneo. (Monjo: 1994; 28)

Imagen 21. Corrosión en el tubo galvanizado de agua residual por el alto contenido de humedad, [Fotografía]. Obtenido el 18 de abril de 2014 de : https//:www.estudiandolacorrocion.blogspot.com

- **Organismos**

Algunos autores separan esta categoría de las lesiones químicas, y las ubican en un subgrupo relacionado con agentes biológicos, sin embargo, el autor Juan MonjoCarrió, los define como "*todo el conjunto de lesiones donde tiene importancia la presencia de un organismo vivo, sea animal o vegetal, que afectan la superficie de los materiales, bien por su simple presencia, bien por el ataque que los mismos o los productos químicos que segregan, realizan a la estructura física o química del material sobre el que se apoyan*" (Monjo: 1994; 28).

5.5.4 Carbonatación

La carbonatación es un fenómeno natural que ocurre principalmente en estructuras de concreto reforzado y no reforzado. El dióxido de carbono es un gas incoloro que se produce cuando se quema en un exceso cualquier tipo de carbón

o de compuestos que contengan carbono e interviene directamente en nuestro ciclo biológico, en el fenómeno denominado lluvia ácida y en el efecto invernadero.

La transferencia del dióxido de carbono hacia la atmósfera empieza con el proceso de fotosíntesis generado por las plantas y lo vegetales. Los seres vivos a diario consumen carbohidratos y otras moléculasque contienen carbono y, al respirar, emiten CO2que asciende hacia la atmosfera.Si se presenta una alteración o una descomposición entre la concentración del gas de efecto invernadero en la atmosfera.

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral. El problema de la pérdida de pH es porque el concreto en su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión, esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino, esta es la misma capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos

La carbonatación depende principalmente de tres factores que son: Contenido de humedad, Permeabilidad del concreto, Concentración de dióxido de carbono disponible en el ambiente.

Para que se lleve a cabo la carbonatación, la humedad debe estar entre un 50 y un 75%. Cuando es menor, hay insuficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades importantes de hidróxido de calcio. Por encima del 75 % de humedad relativa, es diferente ya que los poros suelen bloquearse con el agua.

Es importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. En el concreto nuevo que tiene un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el cloruro es significativamente menor aproximadamente de 100 ppm o menos. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación.(Montani: 2000)

5.5.4.1 La carbonatación en mampostería

La mampostería puede ser una opción viable para evaluar las propiedades de dicho material sometido a un proceso de carbonatación.

Las piezas de mampostería están fabricadas principalmente con mortero. Al mezclarse el cemento con agua, inicia la hidratación del mismo, lo que conlleva finalmente a la formación de portlandita [Ca$(OH)_2$]. La portlandita libre reacciona con el CO_2 del ambiente para formar carbonatos de calcio estables. Para lograr cabo este proceso es importante que la humedad relativa, la temperatura ambiente y concentración de CO_2 estén en los niveles normales. Al producir carbonatos en la mampostería que son insolubles reducen la porosidad y por consiguiente generan una mayor resistencia a la compresión. (Montani: 2000)

5.6 Patologías según el área afectada

Las patologías de la construcción también se clasifican de acuerdo con el área afectada. Esta clasificación apela nuevamente a un criterio de diagnóstico que permite analizar las causas de la patología, su gravedad para el conjunto de la

estructura y la técnica de intervención más adecuada. Es preciso decir que la calidad de obra construida está directamente ligada a la prevención de las patologías, y esto radica en el buen diseño arquitectónico (en su forma y orientación), en la adecuación al sistema constructivo del lugar, en la observancia del clima de la región, en su adecuación a las normas constructivas, a la selección cuidadosa de los materiales de construcción de acuerdo a su calidad, a la correcta aplicación de los procesos constructivos, a la implementación de mano de obra calificada, a los estrictos controles de calidad y el oportuno mantenimiento del edificio. Todos estos elementos tendrían como finalidad una concepción de la construcción de acuerdo con la pretensión de aumentar su vida útil.(Florentín Saldaña, M y Granada Rojas, R: 2009; 8-12)

5.6.1 Patología en acabados

Este tipo de patologías son aquellas que afectan a los revestidos, las maderas, las pinturas, los pisos y los revoques. Ellas pueden derivarse de los sustratos, las estructuras o los muros así como también pueden derivarse de fallas en la consistencia de los materiales en los acabados relacionadas con las técnicas de colocación (factores internos) y con los efectos del clima (factores externos). Este tipo de patologías se dan en todos los lugares ornamentados de la edificación.

5.6.2 Patología de la madera

Por lo general las patologías de la Madera suelen deberse a un exceso de exposición a condiciones climáticas adversas. Entre tales condiciones los rayos solares producen erosiones diversas que, al unirse a los defectos propios del material (fibras, nudos) o instalaciones anómalas (falta de tratamiento con pinturas, lustre o barnices, falta de mantenimiento, etc.) producen alteraciones

superficiales que afectan el aspecto decorativo de la misma y facilitan la entrada de agentes destructivos tales como los hongos o los insectos.

Patología en la madera causada por los agentes climáticos: Cuando la madera está mucho tiempo expuesta al aire se produce una oxidación del carbono que la envejece y le hace adquirir un tono más oscuro. La lluvia y la humedad provocan también cambios dimensionales como la hinchazón y la deformación por contenido de agua en las fibras. Es así como aparecen los hongos y los xilófagos. Sin embargo, la madera sumergida en agua dulce o empotrada en un terreno saturado, (Tablestaca, Pilotes), se conserva bien, en general. Sumergida en agua salada es fácil que sea atacada por organismos marinos. Pero en todo caso, la madera que está alternativamente dentro y fuera del agua es la más perjudicada. El sol y la humedad actuando a la vez provocan una degradación superficial de la madera a partir de la cual se produce el efecto conocido como “meteorizado”. La exposición de la madera a la radiación solar provoca no solo provoca la desaparición de su color natural, sino que además le hace adquirir cierta rugosidad al tacto. Los ácidos y las bases también pueden producir un efecto en la madera (hidrolizando la celulosa o disolviendo la lignina). En el caso de los hongos, estos se fijan en el material destruyendo la lignina -que es la sustancia que actúa como puente intercelular- desintegrando la madera poco a poco hasta que esta adquiere una textura rugosa y agrietada, textura en la que se producen filtraciones húmedas. A su vez la humedad da pie al moho que, de no ser detectado a tiempo, llegaría a podrir la madera.

Insectos en la madera: Algunas clases de insectos utilizan a la madera como refugio para depositar huevecillos en los huecos y en las fisuras. El problema de esto es que al nacer las larvas estas convierten la madera en su hábitat extrayendo de ésta el material que las alimenta produciendo con ello una lenta destrucción de la madera.(Madera en la construcción: 2005)

5.6.3 Patología de los suelos

De acuerdo con las características específicas de los suelos, las patologías de la construcción serán también específicas (bajas resistencias, inundables, anegadizos, rellenados, desmoronables o suelos expansivos). Tales características deben ser consideradas suficientemente en el diseño de la construcción, el cálculo y el sistema constructivo, a fin de prevenir las patologías que surgirían de ellos.

Los suelos colapsables corresponden a algunos tipos de suelos limo-yesíferos o limo-arenosos de naturaleza metaestable. Los efectos de este colapso pueden manifestarse en forma de asentamientos bruscos del terreno de carácter centimétrico hasta decimétricos. En ocasiones pueden darse asentamientos de algún metro y en casos extraordinarios de decenas de metros. La estructura de estos suelos es abierta y floja, como corresponde a la naturaleza limosa de sus partículas y a su origen (depositados por la acción del viento o de aguas tranquilas, que transportan las partículas finas y las depositan al dejar de actuar la corriente), los espacios entre huecos de las partículas que los forman son ocupados, total o parcialmente, por partículas más finas y por débiles cementos yesíferos o carbonáticos. Estos cementos proporcionan cierta cohesión estructural interpartículas y un mínimo de capacidad resistente.

En ausencia de agua, estos suelos cementados se mantienen estables, pero en presencia de agua, el cemento se disuelve y el suelo pierde la escasa capacidad portante que tenía y colapsa. Si además el suelo soporta la carga correspondiente a una estructura el colapso se acentúa, y dicha estructura tenderá a colapsar, a asentar bruscamente.

Cuando ocurre el colapso del suelo y sobre encuentra una edificación, pueden producirse daños en su estructura, estos daños se manifiestan de modo semejante a los generados por asentamiento diferenciales, y se presentan lesiones como fisuras, grietas. Desprendimientos entre otros. En n algunos casos

los colapsos pueden llegar a producir asientos del terreno que se reflejan sobre infraestructuras superficiales (líneas férreas, autovías, etc.) de modo evidente, generando daños importantes.
(Alcudia Serrano: 1999, Gonzales de vallego: 2002)

5.6.4 Patología de las instalaciones

Estas patologías son causadas por desperfectos en las instalaciones y que, en su prolongación, producen daños en los acabados. Un ejemplo muy común de esto es la humedad originada por roturas en el sistema de tuberías.
Las Patologías originadas por las Instalaciones: Estas patologías provocan daños que pueden afectar al resto de los elementos constructivos de la edificación. Estas pueden ser de dos tipos: a) *directas*, cuando las fallas son provocadas en la propia instalación e; *indirectas,* cuando los daños se localizan en elementos ajenos a la propia instalación. Entre las causas más comunes podrías enumerarse las siguientes: 1) taponamiento de tuberías por el sarro o el barro que, al obstruirlas, disminuyen su sección efectiva de las mismas ocasionando el rebose de las aguas; b) desplazamiento, desprendimiento y/o rotura de los tubos que componen la red; c) humedades y deterioro de los pavimentos o revestimientos, por falla en las uniones de las tuberías; d) la condensación por la falta de aislamiento en las tuberías; e) corrosión de las tuberías por falta de protección exterior, empleo de materiales no adecuados, o trabajo a temperaturas excesivas; f) corrosión y manchas en cielorrasos; g) daños en elementos estructurales por el paso de instalaciones no previstas. *Lesiones mayores*: estas patologías atañen a las fisuras, las grietas, las deformaciones, los desprendimientos, la rotura por presión negativa, el debilitamiento de las armaduras o el colapso.

5.6.5 Patología en ladrillos

Las patologías en ladrillos pueden aparecer por diferentes aspectos, puede ser desde el momento de la fabricación, o pueden ser afectados por aspectos externos. De la misma manera es un material susceptible a afectaciones que provienen desde el mismo momento de llevarlo a obra, y el tiempo o vida útil también es fundamental en el deterioro de este material, a continuación se explican algunos tipos de lesiones frecuentes en ladrillos y el origen de las mismas.

- Patología en los procesos de fabricación del ladrillo

Caliches: son concentraciones de óxido de cal que aparecen en los ladrillos, en el momento en que la pieza es hidratada aumenta su tamaño y esto puede dañar el ladrillo.

Exfoliaciones: si se utilizan arcillas muy plásticas en el proceso de preparación del ladrillo se producen exfoliaciones, las partículas se orientan por el rozamiento con la hélice de la galleta quedando las capas de arcilla superiores expuestas pero no tratadas.

Cocción de los ladrillos: cuando los ladrillos no duran el tiempo suficiente en el horno o cuando el horno no alcanza la temperatura necesaria se forman las fases vítreas y no se alcanzan las resistencias mecánicas adecuadas.

- Lesiones por mala calidad del mortero

Para que una estructura de mampostería funcione de manera óptima, tanto el ladrillo como el mortero de pega deberían tener características diferentes. Cuando el mortero contiene un alto contenido de cemento o exceso de agua, pueden aparecer retracciones del mortero durante el fraguado, también movimientos

diferenciales entre los ladrillos y el mortero causadas por diferentes comportamientos ante el agua y diferente respuesta térmica.

Estas causas originan fisuras entre el mortero y el ladrillo, tanto en tendeles como en las llagas, llegando a veces a partir los ladrillos. Hay medidas para evitar lesiones por morteros como son exanimación del mortero, limpieza antes de aplicar, humectar previamente al aplicar el mortero en la superficie con la suficiente presión como para la lograr la compactación.

- Lesiones causadas por agua

Agua lluvia: Cuando el agua lluvia actúa en periodos prolongados a exposición y contando con la permeabilidad propia del ladrillo, puede causar manchas de de humedad.

Capilaridad: se produce por la ascensión del agua atreves de pequeños poros y capilares muy finos dentro del ladrillo y del mortero, este fenómeno se produce en cualquier dirección no necesariamente hacia abajo, el agua puede subir de 1,5m a 2m donde logra equilibrarse el ascenso del agua por evaporación de la misma .

Condensación: las humedades de condensación aparecen por el vapor de agua contenido en el ambiente, esta condensación se manifiesta en la proliferación de hongos, manchas y olor característico.

Eflorescencias: son depósitos de sales minerales solubles que aparecen sobre la superficie de una pieza cerámica terminada, por exposición a los agentes atmosféricos. Se forman por la migración de solución salina a través de los poros al evaporarse el agua existente, un aseo preventivo ayuda a eliminar este tipo de lesión.

- Lesiones por acciones mecánicas

Dilataciones y retracción: Cuando es notable la diferencia entre los coeficientes de dilatación del mortero y el ladrillo, se producen fisuras y grietas, estas se presentan normalmente en vanos y en los puntos medios de los paños y en encuentros en las esquinas. Para evitar estas lesiones se debe sumergir las piezas antes de su colocación para humectarlas.

Corrosión: cuando un muro tiene refuerzo en acero, y este no tiene el suficiente recubrimiento al contacto con el agua origina la oxidación del refuerzo metálico. Se observa corrosión cuando en el enfoscado exterior aparecen manchas de óxido y fisuras horizontales. ("Patologías en ladrillos", 2010)

5.7 Tipos de ensayos

5.7.1 No destructivos

Los ensayos no destructivos son aquellos que no intervienen el elemento estructural directamente, dentro de los ensayos no destructivos se clasifican en:

Metrología: Es una de las técnicas que permite determinar el espesor de los recubrimientos metálicos. Como medio puede utilizar el Medidor Tinsley de lapicero, que por medio de la atracción magnética de una aguja imantada permite determinar el desgaste por corrosión. También se utilizan diferentes elementos manuales como compas de exteriores e interiores.

Imagen 22. Compas de medición, de punta, de exteriores y de interiores [Fotografía]. Obtenido el 21 de abril de 2014 de : https//:www.monigrafias.com

Macrografía Amplificación de muestras de 10 a 30 veces el tamaño, permite la observación de porosidades, presencia de elementos extraños, entre otras. Con ella puede determinarse si hay alguna discontinuidad que pudiera afectar el monolitismo de del elemento analizado.

Micrografía Se parece a la macrografía, pero la amplificación de la muestra se da entre 50 y 5000 veces a su tamaño. Su objeto es descubrir la estructura cristalina, a fin de verificar la existencia de fisuras internas.

Radiografía: Para esta prueba se utilizan tanto rayos X como Gamma, se usa en la identificación de discontinuidades y roturas en metales.

Gamma-radiografía Se utiliza en la detección de ubicación y diámetro aproximado de las barras más profundas en el concreto. Así como determinar la existencia de vacíos en la masa del elemento.

Imagen 23. Anónimo. Gama radiográfica. [Fotografía]. Obtenido el 21 de abril de 2014 de : https//:www.lccingenieria.es

Fotogrametría Mediante la fotografía, se realiza el análisis de las dimensiones de un objeto. La técnica consiste en la superposición mínima de una serie de fotogramas tomados desde ángulos horizontales, de manera perpendicular a la fachada- objeto de estudio. Requiere la toma de referencia con el fin de digitalizar la muestra y obtener una imagen de plano continuo que permita la visualización de espacios de acceso difícil.

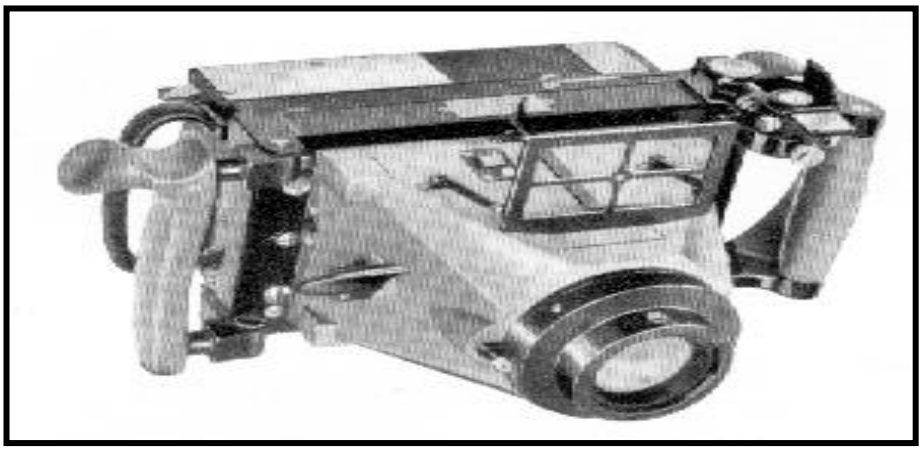


Imagen 24. Antigua cámara fotográfica de mano wild [Fotografía]. Obtenida el 25 de abril de 2014 de : www.efn.unicor.edu

Microscopía electrónica de barrido Revela la estructura y desempeño de materiales casi a escala molecular. Se usa en el monitoreo de materiales introducidos con anterioridad de manera que permite predecir su durabilidad.

Imagen 25. Microscopio electrónico de barrido. [Fotografía]. Obtenida el 25 de abril de 2014 de : https//:cienciayrestauracion.blogspot.com

Difracción de RX Técnica que usa diferentes elementos y sirve para identificar y describir fases cristalinas. Permite conocer la composición elemental de materiales como la arcilla, piedra, morteros de revestimiento.

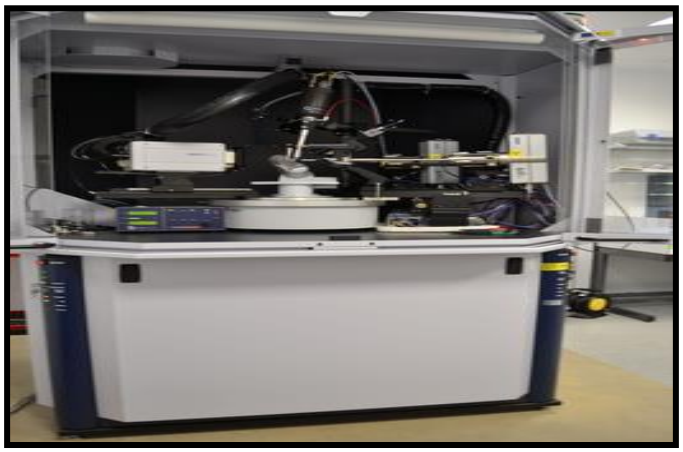


Imagen 26. Estacion de sincroton para experimentos de cristalografia , usando el método de rotación [Fotografía]. Obtenida el 25 de abril de 2014 de : https//icb.csic.es

Microsonda electrónica Se utiliza en el análisis de elementos químicos en el interior de los minerales. Permite la configuración de perfiles de variación de los elementos constitutivos tanto en superficie como en el centro del mineral.

Imagen 27. Microsonda electrónica. [Fotografía]. Obtenida el 28 de abril de 2014 de : https//: www.agenciasdenoticias.edu.co

Esclerometría: es la determinación de la resistencia a compresión en concretos, ya sea en muros o pavimentos, usando como elemento de medición un esclerómetro. Su funcionamiento consiste en una pesa tensada con un muelle, esta pesa es lanzada contra el concreto y se mide su rebote

Imagen 28. Esclerometro. [Fotografía]. Obtenida el 28 de abril de 2014 de: https//:www.civilgeeks.com

Pistola Windsor Funciona con pólvora, penetra una sonda de acero en la masa de materiales como el concreto. Por medio de un micrómetro se mide la profundidad de la inserción permitiendo determinar la resistencia superficial del elemento.

Imagen 29. Pistola windsor. [Fotografía]. Obtenida el 28 de abril de 2014 de: https//:www.civilgeeks.com

Ultrasonido La densidad de un material está directamente relacionada con la transmisión de ondas de sonido. Esta técnica consiste con colocar una fuente emisora de sonido de alta frecuencia con un receptor del lado opuesto, se determina el tiempo que demora la onda de sonido en atravesar el material.

Imagen 30. Medidor Ultrasónico. [Fotografía]. Obtenida el 28 de abril de 2014 de : https//:www.pce-instruments.com

Termoluminiscencia La termoluminiscencia es una emisión de luz por parte de sustancias calientes, a temperaturas muy inferiores a las requeridas para ponerlas incandescentes. Las características de la energía lumínica liberada, permiten determinar la antigüedad del elemento**”** (Zanni: 2008; 44)

Imagen 31. Lector de Dosimetría Termoluminiscente Harshaw 3500. [Fotografía]. Obtenido el 28 de abril de 2014 de: http//:www.fisica.ugto.mx

Georadar Se usa en la detección de objetos enterrados, ubicación de depresiones y cuevas en terrenos específicos principalmente, a través de ondas de radio de alta frecuencia que pueden atravesar la tierra hasta 20m de profundidad aproximadamente.

Imagen 32. Georadar. [Fotografía]. Obtenido el 2 de Mayo de 2014 de: https//:www.g1ingenieros.com

Termografía Por la cantidad de calor que irradian o absorben los elementos, es posible determinar los vacíos, la presencia de diversos materiales, humedad entre otros.(Zanni: 2008; 33-47)

imagen 33. Cámara Termografica. [Fotografía]. Obtenida el 2 de mayo de 2014 de : https//:www.interempresas.net

5.7.2 Destructivos

Los ensayos destructivos son pruebas que se hacen a los materiales de alta resistencia cuya característica esencial consiste en deformar el material.

Ensayo de rotura sobre piezas con entallas: Se emplea una probeta que se pone sobre unos soportes, y se somete a una carga creciente hasta romperla. El examen de la superficie de rotura permite detectar defectos tales como sopladuras, inclusiones de escoria, faltas de fusión, faltas de penetración o aumentos en el tamaño del grano. Puede realizarse un examen métalográfico de las superficies de rotura, previendo ataque con un reactivo adecuado

Imagen 34. Maquina universal de ensayo computarizada 400-2000 kn, serie DI-CPI. [Fotografía]. Obtenido el 6 de mayo de 2014 de: https//:www.proetisa.com

Ensayo de plegado guiado Para este ensayo se requieren dos probetas una recibe el nombre de probeta de cara y se utiliza para comprobar la calidad de la fusión; es decir para ver si la soldadura está libre de defectos tales como porosidades, inclusiones, falta de fusión etc. La segunda llamada probeta de raíz se emplea para comprobar la calidad de la penetración. Para realizar el plegado de cara se sitúa la probeta correspondiente sobre el útil de doblar, de forma que la parte ancha del cordón quede hacia abajo, y se aplica presión hasta la probeta tome la forma de una “U”.

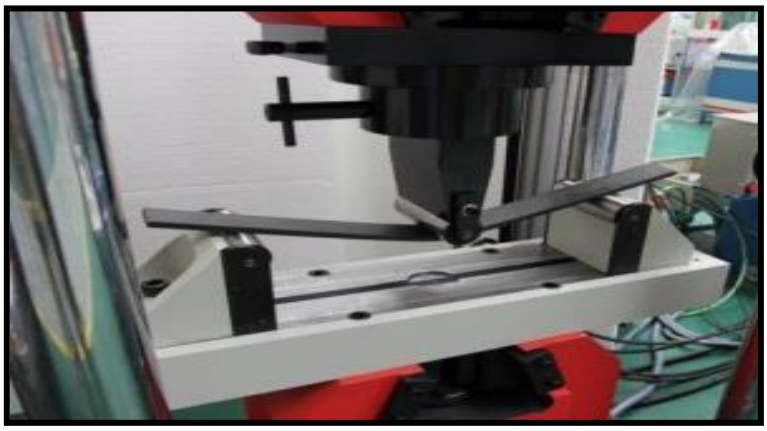


Imagen 35. Maquina de ensayos universal hidráulica - serie IBTM-4. [Fotografía]. Obtenido el 7 de mayo de 2014 de : https//:www.ibertes.es

Ensayo de elongación: Laelongación es otro de los factores que se pueden determinar con la ayuda de una máquina de tracción. La elongación es el aumento en longitud que experimenta la muestra medido como porcentaje, se le extiende hasta que se rompe, mide en dos puntos marcados sobre una muestra, las marcas se colocan con una separación de por lo menos una pulgada. Una vez que el material se ha roto, las piezas se vuelven a juntar y se mide la distancia entre las dos marcas. El incremento de la distancia se utiliza para calcular la elongación o alargamiento.

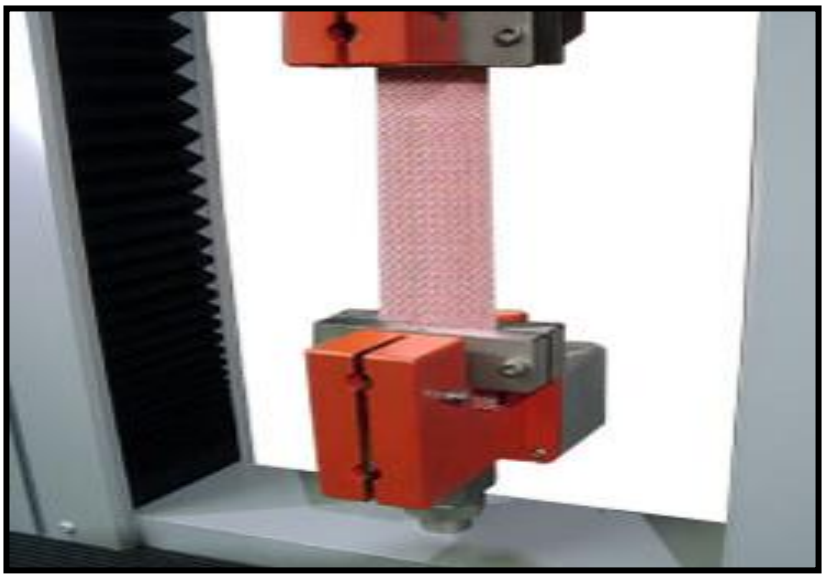


Imagen 36. Maquina de tracción universal,. [Fotografía]. Obtenido el 8 de mayo de 2014 de : https//:www.frba.utn.edu.ar

Ensayo de Charpy: se aplica para determinar la resistenciaal impacto que tiene un metal. es un ensayo de impacto de una probeta entallada y ensayada a flexión en 3 puntos, en las pruebas se usa la energía potencial de un péndulo este se eleva a cierta distancia y posteriormente se suelta para que choquen contra la probeta y la parte, la diferencia entre la altura inicial del péndulo y la final tras el impacto permite medir la energía absorbida en el proceso de rotura de la probeta.

Imagen 37:péndulo de chapry. [Fotografía]. Obtenido el 15 de mayo de 2014: https//: www.instrum.com.ar

Dureza Existen diferentes tipos de dureza que dependen del material, por lo que para evaluarla se utilizan diferentes técnicas: La d**ureza de Brinell**que mide la dureza superficial de los metales por comparación de resistencia a la penetración de un elemento punzante. Consiste en aplicar fuerza por medio de una prensa al material contra una bola de acero, que deja una impresión de la que la medir su diámetro permite determinar la dureza del metal.

Imagen 38. Durómetro Brinell. [Fotografía]. Obtenida el 26 de abril de 2014 de : https//www.wikipedia.org.es

6 METODOLOGIA DEL DIAGNOSTICO PATOLOGICO

Cuando se habla de metodología del diagnóstico no se puede decir que exista una que se deba seguir siempre, o alguna teoría que sea aplicable a todo tipo de estructuras. Existen diferentes técnicas que aunque se basan en los mismos principios pueden cambiar dependiendo del alcance que pueda tener los estudios patológicos o la evaluación estructural de edificio en general.

La metodología cambia dependiendo del tipo de edificio al que se la vaya a hacer el diagnostico patológico, ya que este puede ser histórico, de vivienda, abandonados, patrimonio arquitectónico entre otros. Cada edificación tiene características diferentes no solo en la parte constructiva, también se deben considerar factores como el medio socio-ambiental del edificio, tiempo de construcción, usos de la construcción etc. Se debe encontrar la técnica más aplicable y que sea la más conveniente según el tipo de edificio y el estado que presente.

> "fundamentalmente los estudios de patología tienen por finalidad proporcionar la información suficiente de los edificios que permita la redacción de los proyectos de consolidación, rehabilitación y restauración de los mismos, o servir de análisis y diagnóstico de los daños que el edificio presenta aportando la propuesta de las medidas a adoptar, o construir la peritación en caso de litigio." (Alcudia Serrano, 2007).

A continuación se analizaran cinco autores con diferentes metodologías de diagnóstico que cambian dependiendo el tipo de edificación. Los tres primeros autores plantean metodología para diferentes tipos de edificaciones, las que constan de varios pasos que se ampliaran más adelante. Y los otros dos autores presentan casos prácticos realizados, se tomara su experiencia en cada caso y también se tomaran y explicaran los pasos utilizados en sus metodologías. Después del análisis de los cinco autores, se determinara cual es la metodología

del diagnóstico patológico que adoptaremos al caso de estudió del presente proyecto

- La tesis doctoral “Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia¨(Díaz Barreiro, 2014), presenta una metodología para un Estudio Patológico en su fase Preliminar para estructuras de concreto reforzado, que consta de cuatro pasos:

1. Investigación preliminar: Esta fase consiste en proporcionar información inicial con respecto a la condición de la estructura, el tipo y la gravedad de los problemas que la afectan a través de la observación de campo y toma de datos. Aspectos y condiciones que nos ayudan posteriormente a realizar una investigación detallada.

1.1 Fase de documentación

- ✓ Información General: En este aparte se identifica los documentos y las fuentes bibliográficas que se requiere para contextualizar el proyecto constructivo y evaluar las causas de los procesos patológicos. De esta forma, se determina la cantidad de información que debe ser recopilada y analizada.

  Las fuentes de información pueden ser orales y/o escritas, representadas en entrevistas, licencias, planos, memorias, estudios, etc.., lo importante es utilizar técnicas de registro y de clasificación de la información, tales como: fichas de contenido, memorandos analíticos, registros estructurados en plantillas, matrices, diagramas, planos y demás técnicas que permitan clasificar en la medida que se obtiene la información e idear un sistema de categorías para archivar correctamente la documentación.

1.2 Fase de observación de campo

En esta inspección preliminar se genera el reconocimiento de la edificación, las condiciones del sitio y la verificación de la información recopilada en la etapa de documentación. Es así que se determina que la construcción este conforme a la obra, se identifica el daño, desviaciones y deformaciones visibles, las cargas y factores medio ambientales.

- ✓ Detectar la Lesión: Con base a la fase de observación de campo se deduce el estado actual de la edificación, con atención en daños y procesos patológicos existentes.

- ✓ Identificar la Lesión: Realizar una breve descripción de las lesiones detectadas y su localización en la edificación identificado en el elemento constructivo donde se prestan, esto para comprender la obra y la problemática existente.

- ✓ Desviaciones visibles y deformaciones intencionales: Identificar y caracterizar el daño, dentro de un conjunto de posibles causas, asociadas a la funcionalidad de la edificación en su conjunto.

- ✓ Asentamientos en la cimentación: Los asentamientos presentes en la cimentación están determinados por los valores máximos de asentamientos diferenciales calculados y expresados en función de la distancia entre apoyos o columnas (NSR-10, Titulo H, Tabla H 4.9.1).

- ✓ Nivel freático: Es el agua que se encuentra por debajo de la superficie del suelo o terreno.

- ✓ Geometría y materiales estructurales: La geometría es la configuración en planta y en altura en una edificación. La que puede ser regular o irregular importante para el comportamiento sísmico de la edificación

- ✓ Cargas y medio ambiente: Se analizan los factores como (humedad, temperatura, presión) o agentes físicos y químicos que pueden generar el proceso de deterioro de los materiales y la resistencia de los elementos tanto estructurales como no estructurales de la edificación.

- ✓ Determinar pruebas no destructivas: Ensayos que tienen por finalidad reconocer las características de los materiales sin necesidad de intervenir y afectar los elementos estructurales

- ✓ Registro fotográfico: Herramienta visual para apoyar el análisis del proceso patológico.

1.3 Fase de toma de datos

- ✓ Descripción del sistema estructural: Conjunto de elementos independientes que tiene como propósito trasmitir las fuerzas actuantes a los apoyos o cimentación.

- ✓ Levantamiento Planimétrico: Procedimiento por el cual con la ayuda de la fase de toma de datos obtener una proyección horizontal y vertical en un plano de referencia.

- ✓ Levantamiento grafico de Daños: Es la representación gráfica para identificar el tipo de lesión en un área de estudio sobre un plano.

- ✓ Recuento Fotográfico: Es la presentación del proceso de estudio realizado por medio de imágenes.

- ✓ Fichas de calificación de daño: Instrumento que permite la identificación, clasificación y valoración del daño.

- ✓ Planeamiento y definición de ensayos de materiales: Permite conocer e identificar de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

1.4 Informe Preliminar

El informe preliminar debe contener y constatar de una calificación cualitativa del estado actual de la edificación, para lo cual se propone una herramienta computacional que califique la edificación entre los grados bueno, regular y malo-

- En el artículo *"Dictamen sobre las lesiones aparecidas en vivienda "*(Flores Fernández, 2012*).* Se plantea una metodología del diagnóstico que consta de 10 pasos, que comprende algunos puntos expuestos por (Dias Barreiro, 2014), pero aumenta el alcance con un pre-diagnostico, pronostico y finalmente un diagnostico.

1. **Antecedentes** en esta parte el autor nos plantea una pequeña reseña histórica sobre las anomalías y las alteraciones que presente el objeto a intervenir, determinando el origen y las causas para poder así generar una solución pertinente.

2. **Ordenación del trabajo:** En este apartado se expone la metodología a seguir y se explica muy detalladamente, de modo que cualquier lector pueda conocer los pasos y los procedimientos a realizar durante todo el documento. Después de los antecedentes y de haber planteado el objetivo principal, comienza una descripción detallada del edificio, donde se ubica y se destaca los tipos de lesiones observadas, por consiguiente se sigue con la enumeración del proceso patológico y prediagnóstico de los mismos.
3. **Descripción del edificio:** En este ítem se describe como primera medida una reseña histórica del edificio, quien lo construyó, en qué año, ubicación en el

entorno etc. Como segunda medida se describe el tipo de cimentación, los materiales constructivos empleados y el proceso constructivo, además el número de pisos y de apartamentos, si es un edificio familiar, la tipología del edificio y todas las características como urbanismo y zonas comunes existentes dentro del objeto a estudiar.

4. **Organización de la estructura:** Describe el tipo de materiales empleados para la construcción del edificio, el proceso constructivo y los tipos de elementos estructurales.

5. **Lesiones Observadas:** Dentro de las lesiones encontradas se determina su origen y sus causas, clasificándolas y ordenándolas dependiendo si es de orden química, física y mecánicas. Dentro de la observación se hace un barrido y una toma de datos o fotografías donde se evidencie el daño, además de eso ubican dentro de un plano arquitectónico para poder determinar que elemento puede afectar con el pasar del tiempo si no se haya una solución pronto.

6. **Prediagnostico:** En este apartado el autor nos plantea que la metodología que generalmente se sigue en estos casos consiste en realizar una o más inspecciones a fin de identificar las lesiones, independizarlas de otras y determinar su amplitud. Se debe tener la información necesaria como (planos generales y de estructura, modificaciones de ejecución, procesos, usos) al tiempo que se han obtenido datos físicos sobre los síntomas (aparición, situación, morfología y extensión).

7. **Estudio patológico:** Este proceso suele tener como objetivo una solución, que implica reparación de una unidad constructiva dañada, para devolverle su misión inicial. Dentro del estudio patológico realizado, se determina, como ya mencionado, los tipos de fisuras y grietas que se presentan, mediante el

recorrido o paneo fotográfico se clasifica las lesiones de mayo a menor, para determinar la magnitud y el tipo de afectación que genera en el elemento estructural.

8. **Diagnostico:** Es la terminación a darle solución a las lesiones, que se realiza mediante unos pasos conociendo su origen, causas, evolución, síntomas y estado actual, clasificando las lesiones de grado severo moderado o leve .Para llegar al diagnóstico se debe realizar los ensayos pertinentes y adecuados para establecer su causa y origen.

9. **Pronóstico:** Es el conocimiento anticipado del origen y las causas de las lesiones afectando el elemento estructural, el pronóstico se basa en análisis y consideraciones de juicio propio.

10. **Conclusiones y Recomendaciones:** Dentro de las conclusiones el autor expone una o varias soluciones dependiendo del caso, con ayuda de expertos en la materia y la interacción interdisciplinaria exponer una o si lo requiere más recomendaciones para ayudar con esta problemática**.**

- Habiendo revisado el análisis preliminar que realiza el ingeniero Flores Fernández; se tuvo en cuenta el articulo del ingeniero Alcudia Serrano llamado: “Estudios de patología y evaluación estructural de edificios en general” (Alcudia serrano, 1999). donde se plantea una metodología del diagnóstico preliminar que consta de 5 pasos:

1. **Descripción del edificio:** los procedimientos que debe llevar este primer paso según el autor son los siguientes: inspección visual preliminar del edificio, información previa (recoger la mayor documentación posible sobre el edificio),

levantamiento planimetrico del estado actual (este constara de planos, ya sean plantas, perfiles planos en detalle de áreas específicas etc.), descripción de las características constructivas que tenga el edificio (columnas, muros, cimentaciones, bóvedas, vigas etc.), intervenciones realizadas (las fechas de las intervenciones hechas al edificio en caso de que este las tenga), estudio histórico (análisis de la información histórica recogida sobre el edificio para determinar su origen, tipos de materiales utilizados, análisis y valoración histórico-artístico tanto del edificio en su totalidad o partes de él, documentación gráfica como planos.), estudio arqueológico (esto solo aplica en casos muy especiales.)

2. **Descripción de las patologías:** en este segundo paso el autor plantea lo siguiente: daños y alteraciones existentes (inspección exhaustiva del edificio para detectar los síntomas patológicos y tomar muestra con los instrumentos adecuados, medir daños por ejemplo espesor de grietas.), descripción de síntomas (esta puede hacerse por medio de gráficos, planos, fotos etc.), análisis de los síntomas (hacer un análisis con ayuda de bibliografía y así obtener un pre-diagnostico que nos sirva para orientar la posterior investigación).

3. **Caracterización de los materiales :** realización previa de un plan de ensayos a los materiales, identificar las propiedades de los materiales por medio de pruebas, hacer, investigar y estudiar las condiciones medioambientales que se encuentre sometido el edificio para determinar su incidencia en el origen de procesos patológicos.

4. **Análisis y evaluación estructural:** Estudio de asignación de resistencia de los materiales según los resultados de los ensayos que el edificio haya requerido. Evaluación de las estructuras de hormigón armado, acero, madera,

muros en ladrillos entre otros, mediante métodos actuales de cálculo basados en la composición de los estados, con la ayuda de programas de moldeamiento y acompañados de la reglamentación local sismo-resistente.

5. **Informe final:** este informe contemplara los siguientes aspectos: la exposición de los resultados obtenidos, las conclusiones obtenidas de los análisis efectuados, los diagnósticos de los procesos patológicos detectados, las propuestas de intervención (estas propuestas se realizaran detalladamente en cada caso con el acompañamiento grafico suficiente).

- Además de los autores mencionados anteriormente, encontramos la tesis de grado de los ingenieros Valera y Zetien: “Evaluación y diagnostico patológico de la casa cural de la iglesia Santo Domingo de Sogrovejo de Cartagena de Indias” (Valera Ramírez, y Zetien Silva, 2013). donde aplica se una metodología de análisis preliminar que consta de 6 pasos:

1. **Recopilación de la información:** esta etapa se llevó a cabo consultando personas que conocían del proyecto, y entidades locales como el Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena de Indias (IPCC), también se consulto ingenieros locales encargados de la preservación de la estructura, una vez recogida esta información inicio la identificación visual de las patologías a lo largo de toda la estructura.

2. **Recopilación de información secundaria:** la segunda etapa de recolección consistió en la consulta de material bibliográfico acorde a la temática de estudio, como revistas, artículos, proyectos de grado y libros sobre patología de estructuras, también se incluyó estudios realizados a la estructura anteriormente como estudios de suelos.

3. **Diagnostico preliminar:** en la etapa efectuaron una recopilación de información con respecto al estado actual de la casa solo con inspección visual, reconociendo en el recorrido las fallas más severas en la estructura representadas básicamente en grietas y fisuras. Una vez recorrida visualmente la estructura e identificada las zonas de mayor riesgo estructural, los autores efectuaron un recorrido minucioso por la casa registrando las patologías presentes como humedades, exfoliaciones, oxidaciones, eflorescencias, costras, desprendimientos, carbonataciones, grietas y fisuras fotográficamente.

4. **Diagnostico detallado:** se evaluaron cada uno de los elementos de la estructura como columnas, vigas, cubiertas, pisos y muros con las patologías encontradas, cada una de ellas estudiada a fondo como ancho de grietas, longitudes, humedades.

5. **Determinación de la respuesta de la estructura antes las cargas de servicio:** en este paso los autores consultaron la norma NRS-10, y hicieron un modelo en un software donde aplicaron cargas sísmicas, tuvieron el peso de la estructura como carga muerta y asignaron cargas vivas según la norma, este proceso es el mismo que se hace en una evaluación estructural.

6. **Recomendaciones para intervención de problemas estructurales:** en este trabajo de grado los autores compararon los resultados de los ensayos no destructivos, así como también los resultados del modelo al aplicarle las cargas, de esta manera argumentaron una serie de recomendaciones de rehabilitación a la casa cural y fueron entregadas a los ingenieros de la alcaldía local para su ejecución.

- De manera similar a la propuesta de (Valera Ramirez y Setin Silva, 2013) frente al diagnóstico preliminar el ingeniero (Borris, 2010) en su "Análisis patológico de una vivienda unifamiliar contempla el planteamiento de la hipótesis apoyado en 6 etapas de investigación

Etapa 1: Delimitación del problema

Presentación de la patología a analizar: En esta primera etapa el autor describe una patología seleccionada corresponde a una anomalía del tipo fisura en mampostería. Se relaciona los cambios de habitantes que ha tenido la estructura y se planta que el cambio de cargas puede ser el motivo de la patología

Etapa 2: Trabajo de campo – Marco observacional

Información básica sobre la vivienda: En esta parte el autor logra una recopilación de información con los datos gráficos, planos estructurales y arquitectónicos, esquemas, vistas. También una buena cantidad de fotografías y datos otorgados por la familia.

Toma de fotografías de la vivienda, de la patología a analizar: el registro fotográfico se complementa con esquemas que evidencien las lesiones encontradas

Inspección y recolección de datos, antecedentes: En esta etapa el autor hace un recorrido minucioso y durante la inspección se observa consideraciones relevantes que son consignadas en los formatos correspondientes de toma de datos.

Etapa 3: Formulación de Hipótesis

Formulación de hipótesis varias, (diferentes hipótesis, que se trata de que abarquen todas las posibles causas): luego de haber tratado y discutido las etapas

anteriores, el autor plantea una serie de hipótesis sobre las causas de las fisuras en el parámetro analizado. En esta etapa se trató de encontrar las máximas posibles de causas que puedan relacionarse con la anomalía.

Etapa 4: Marco Teórico

Investigación, recolección de información y consulta de bibliografía de diferentes autores**.:** En esta etapa se buscó en libros y revistas, y en internet información teórica que pueda sobre los materiales que se emplearon en la construcción, sus características y formas de actuar ante diferentes agentes. También sobre las estructuras, las interfaces entre las mismas, y su relación, como acción-reacción con posibles agentes externos que se determinaron para delimitar el caso, entre otras cosas.

Etapa 5: Refutación y Contrastación

Debates grupales, interpretación e integración de bibliografía y trabajo de campo, descarte de hipótesis erróneas según respaldo teórico**:** En esta etapa se realizaron la contrastación o reformulación de las hipótesis a fin de poder así acercarse a las verdaderas causas de la generación de la fisura. Con ayuda del marco teórico y las evidencias encontradas en la vivienda

Etapa 6: Conclusiones

En esta última etapa se destaca las posibles soluciones a realizar, generando así una recomendación. En esta etapa es muy importante ya que se destaca también los resultados esperados dentro de todas las etapas realizadas como fallas, posibles errores en las etapas.

6.1 Desarrollo de la metodología para el caso de estudio "Fachada Oriental del edificio Alberto E. Ariza de la Universidad Santo Tomas"

De acuerdo al análisis anteriormente realizado a los diferentes autores, es evidente que para realizar un análisis preliminar se debe tener una serie de pasos muy específicos para llegar a un diagnóstico premilinar preciso. Tomando como base la tesis de maestria "Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia¨(Díaz Barreiro, 2014), la metodología de estudio que se desarrollo es la siguiente:

1. **Investigación preliminar**

Se hizo una recopilación sobre la historia del edificio, en la Biblioteca Fr. Luis J Torres Gómez sede central de la Universidad Santo Tomas, así mismo, artículos de revistas de investigación, en estas se consiguió información referente a la reseña histórica como año de construcción y los múltiples usos que ha tenido la misma con el paso del tiempo, aspectos y condiciones que posteriormente será de gran ayuda al realizar una investigación más detallada.

El propósito es evaluar de manera inicial las condiciones en que se encuentra la edificación. Como resultado, en la inspección preliminar se obtiene la apariencia general de los daños, las áreas afectadas, tipos de lesiones y el estado de los puntos más importantes del elemento o la estructura. Se realizó la inspección preliminar a la fachada oriental del edificio, ya que es donde se evidencian más lesiones.

Imagen 39. Fachadas internas oriental, norte y sur de la Universidad Santo Tomas, sede central.

Se realizó una evaluación minuciosa de la fachada del edificio, en esta inspección se lleva a cabo la caracterización y clasificación de las lesiones que más se reflejan en la fachada oriental como fisuras, grietas y desprendimientos

Imagen 40. Fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza de la Universidad Santo Tomas.

1.1. Alcance

El alcance de la investigación proporciona la información necesaria para establecer la condición actual de la edificación en estudio. La valoración se realiza

acorde con lo solicitado en el título A.10.2 (Estudios e investigaciones requeridas) en el Reglamento Colombiano Sismo Resistente, con una calificación en los rangos de buena, regular o malo de acuerdo con el tipo y la gravedad de las lesiones que afectan la funcionalidad de la estructura. Para este fin se desarrolla a través una metodología para estudios de patología que contiene las siguientes fases: documentación, observación de campo, toma de datos y el informe preliminar.

1.1.2 Fase de documentación

En esta fase se pudo determinar mediante una lista de chequeo la naturaleza y cantidad de información para ser analizada y de esta manera orientar el tipo de investigación para el estudio de Patológico preliminar.

Tabla 1. Lista de chequeo investigación preliminar

LISTA DE CHEQUEO INVESTIGACION PRELIMINAR		
	SI	NO
1. INVESTIGACION PRELIMINAR		
1.1 FASE DE DOCUMENTACION		
1.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO	X	
1.1.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA	X	
1.1.3 REVISION DEL PROYECTO ORIGINAL Y PROCESOS DE CONSTRUCCION		X
1.1.4 TIPO ESTRUCTURAL	X	
1.1.4.1 TIPO CIMENTACION		X
1.1.4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL	X	
1.1.5 PROPIETARIOS Y USOS	X	
1.1.6 DISEÑADPRES Y ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO		X
1.1.6.1 ARQUITECTO		X
1.1.6.2 INGENIERO DE SUELOS		X
1.1.6.3 INGENIERO ESTRUCTURAL		X
1.1.6.4 INGENIERO ASESOR DE MATERIALES		X
1.1.7 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO		X
1.1.7.1 CONSTRUCTOR		X
1.1.7.2 INTERVENTOR		X
1.1.7.3 PROVEEDORES DE MATERIALES		X
1.1.8 HISTORIAL DE ESTRUCTURA	X	
1.1.8.1 CONSTRUCCION Y PUESTAS DE SERVICIO		X
1.1.8.2 VIDA UTIL PROYECTADA		X
1.1.8.3 AREA CONSTRUIDA	X	
1.2 FASE OBSERVACION DE CAMPO	X	
1.2.1 DAÑO VISIBLE	X	
1.2.2 DESVIACIONES VISIBLES Y DEFORMACIONES INTENSIONALES	X	
1.2.3 ASENTACIMENTOS EN LA CIMENTACION		X
1.2.4 NIVEL FREATICO		X
1.2.5 GEOMETRIA Y MATERIALES ESTRUCTURALES	X	
1.2.6 CARGAS Y MEDIO AMBIENTE		X
1.2.6.1 HUMEDAD RELATIVA		X
1.2.6.2 TEMPERATURA		X
1.2.6.3 PRESION		X
1.2.6.4 TIPO DE AGUA PRESENTE		X
1.2.6.5 SUSTANCIAS AGRESIVAS Y DE CONCENTRACION	X	
1.3 FASE DE TOMA DE DATOS	X	
1.3.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	X	
1.3.2 LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO		X
1.3.3 LEVANTAMIENTO GRAFICO DE DAÑOS	X	
1.3.4 RECUENTO FOTOGRAFICO	X	
1.3.5 FICHAS DE CALIFICACION DEL DAÑO	X	
1.3.6 PLANEAMIENTO Y DEFINICION DE ENSAYOS DE MATERIALES	X	

1.1.2.1 Identificación general del proyecto

- Nombre del proyecto: El edificio Alberto E. Ariza de la Universidad Santo Tomas tiene como uso educativo, especializada en Universidad donde por medio de ella forman profesionales para el futuro del país.

- Localización Geográfica: El edificio Alberto E. Ariza está ubicado en la Universidad Santo Tomas (cede central), y esta a su vez esta encuentra en la ciudad de Bogotá, en la localidad de Chapinero, en la dirección carrera 9 No 51- 11. coordenadas: 4°38'17'' N, 74°3'52''O

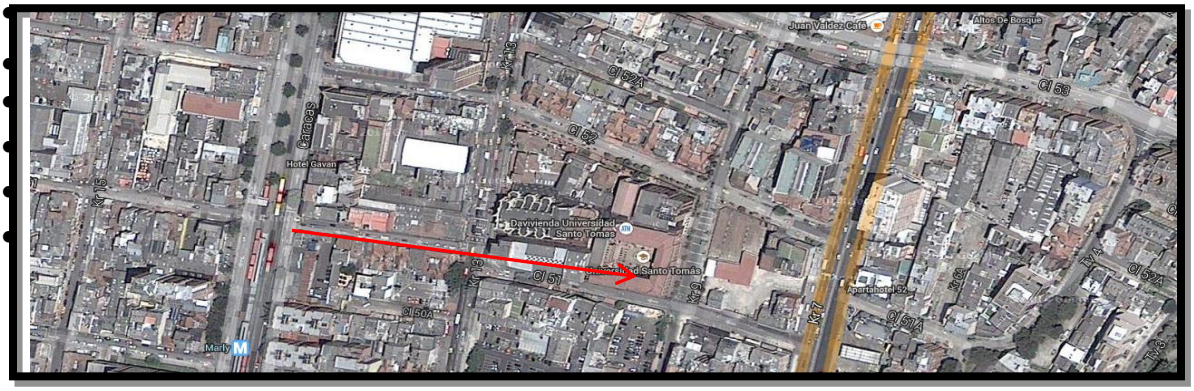


Figura 2. Localización del área de estudio. [Imagen]. Obtenido de googleearth, 17 de julio de 2014

1.1.2.2 Información General de la construcción:

- Tipo de Cimentación: Durante el proceso de investigación y recopilación del Área a estudiar, no se contó con la información que permitiera determinar el tipo de cimentación de la estructura, es así que se recomienda realizar un estudio de suelos en una fase de investigación detallada para verificar el tipo de cimentación.

- Tipo de Suelo: Se desconocen antecedentes de estudios realizados durante el tiempo de Servicio de la construcción.

- Sistema Estructural: El sistema estructural es un sistema de Arcos de medio punto, el cual presenta combinación entre mampostería estructural (dovelas) y mampostería no estructural, cubierta ondulada con cerchas metálicas, donde se evidencia la intervención de carácter antrópico sobre algunos de los elementos estructurales como las dovelas, los intradós, imposta y la pata de la columna.

- Grupo de Uso: El grupo de uso para la edificación se clasifica en el grupo I - Estructuras de Ocupación Especial, para lo cual le corresponde un coeficiente de importancia de 1.25, requerido para las fuerzas horizontales, parael análisis sísmico.

1.1.2.3 Propietarios y Usos.

Durante la investigación previa del edificio no fue posible contactar a los propietarios anteriores para contrastar los antecedentes de la edificación sobre el proceso constructivo, pero se conoce que el uso siempre ha sido de orden educativo, donde en un principio funcionaba como un colegio y con el transcurrir el tiempo se convirtió en un instituto de educación superior (Universidad.

1.1.2.4 Historia de la estructura.

El 26 de agosto de 1550, fue inaugurado el convenio de nuestra señora del Rosario, el cual estaba cargo de la orden de predicadores, quienes en 1580 lograron la aprobación del papa Gregorio XII mediante la bula RomanousPontifex

y del Rey Felipe II de España, para establecer una educación de los habitantes del nuevo reino de Granada, dicha universidad floreció junto al bello conjunto conventual el cual jugó un papel importante en la evangelización de los indígenas y lo procesos de independencia, debido a que sus pasillos y habitaciones fueron testigos de los debates de Camilo Torres, la defensa de Antonio Nariño cuando fue acusado por alta traición, la firma de la acta de independencia y la posesión de Simón Bolívar como primer presidente de la Nueva República. (Brines, 2013)

En 1861, bajo el gobierno de Tomas Cipriano de Mosquera, la Universidad Santo Tomas tuvo que suspender sus labores educativas, debido a que mediante la ley de desamortización de manos muertas, todos los bienes de la iglesia y los grupos religiosos pasaron a poder del estado, convirtiendo al convento un cuartel militar; tiempo después bajo el gobierno de Rafael Nuñez fue sede temporal de la escuela de música y la escuela de artes. En los comienzos del siglo XX fue sede de oficinas de gobierno y bajo el mandato del presidente Alfonso López Pumarejo fue convertido en propiedad nacional. (Brines, 2013)

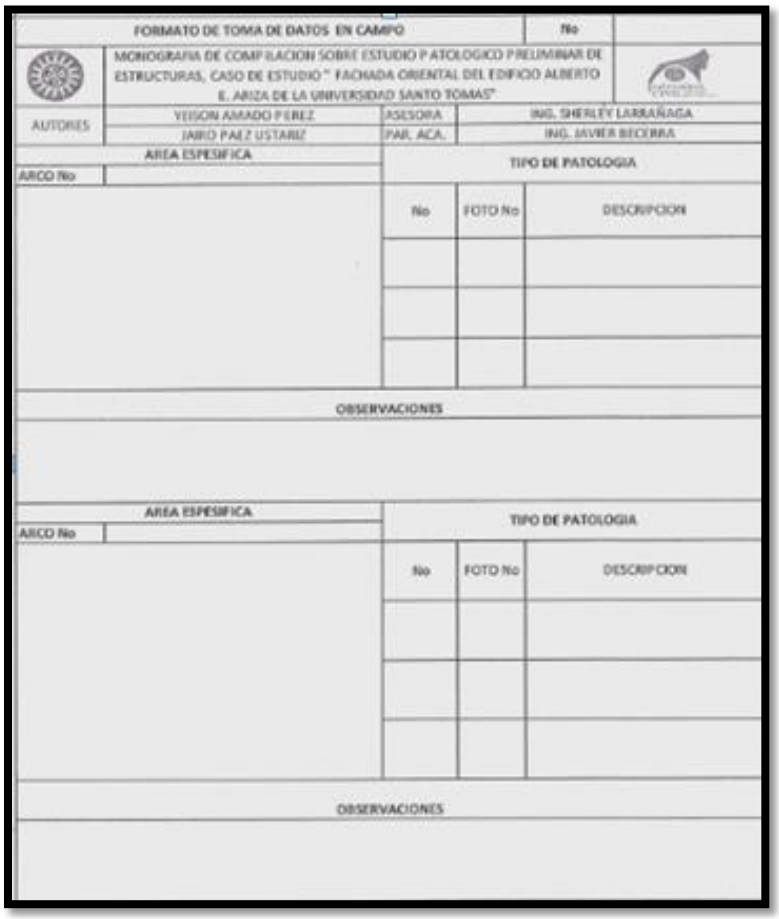
Para 1927 bajo la ley 28, se ordenó construir un nuevo edificio para la sede de palacio de las comunicaciones, en el lote del convento de Santo Domingo, esto desato críticas por parte de los ciudadanos y organismos artísticos y culturales, pero estas no fueron tenidas en cuenta, ya que el gobierno insistió en la necesidad de la demolición. El convento fue demolido en 1939 y la iglesia en la siguiente década, pero gracias a la intervención de la academia de historia se conservaron algunas piezas que conformaban el convento las sugeridas fueron la fuente de piedra del claustro, la cúpula de la escalera principal labrada en nogal al estilo mudéjar, el techo de la sala capitular, la puerta trasera junto con las columnas y el dintel de piedra que la enmarcaban y las losas de piedra representativas de la orden así como las que enmarcaban en los sepulcros de los Frailes y Varones ilustres. (Brines, 2013)

La comunidad religiosa de la orden de predicadores después de múltiples esfuerzos, decidió reanudar sus actividades académicas y el 3 de julio de 1943 se bendijo la primera piedra del nuevo edificio de chapinero, pensando inicialmente para el Colegio Santo Tomas, la edificación ante la visita del ministerio de educación recibió el siguiente comentario; “Es el esfuerzo mejor logrado en materia de edificios para la educación” (Brines, 2013)

El edificio de arcos ha sufrido varios cambios a través de los años, como lo podemos observar en fotografías tomadas en sus primeros años y en el testimonio de Ingeniero Oscar Baquero quien fue estudiante del colegio y la Universidad y actualmente es profesor de la facultad de Ingeniería Civil. (Brines, 2013)

1.1.3 Fase de observación de campo

En esta fase se realizó el levantamiento grafico de los daños encontrados, se estableció una serie de pasos y procesos para tomar, medir, identificar, resaltar, cuantificar, y clasificar las diferentes patologías que presenta la fachada. En primer lugar se construyó un formato para caracterizar e identificar el arco a estudiar, este formato se basó en el utilizado por (Valera, Zetien, 2013), en su proyecto de grado; y se adecuo a lo que se requería en este proyecto. (ver imagen 41, Formato de toma de datos) , con el apoyo de esta ficha de localización con base en los tipos de lesiones y según las zonas delimitadas para el estudio. La sistematización de los resultados se realizó de acuerdo al análisis de frecuencias y la cantidad de lesiones y el número de arcos afectados por este.



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO — No

MONOGRAFIA DE COMPILACION SOBRE ESTUDIO PATOLOGICO PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS, CASO DE ESTUDIO " FACHADA ORIENTAL DEL EDIFICIO ALBERTO E. ARIZA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS"

AUTORES: YEISON AMADO PEREZ — ASESORA: ING. SHERLEY LARRAÑAGA
JAIRO PAEZ USTARIZ — PAR. ACA.: ING. JAVIER BECERRA

AREA ESPESIFICA — TIPO DE PATOLOGIA
ARCO No

No	FOTO No	DESCRIPCION

OBSERVACIONES

AREA ESPESIFICA — TIPO DE PATOLOGIA
ARCO No

No	FOTO No	DESCRIPCION

OBSERVACIONES

Imagen 41: Formato de toma de datos. Basados en (Valera, Zetien, 2013), Evaluación y diagnostico patológico de la casa cural de la iglesia de Mogrovejo de Cartagena de Indias,2013

1.1.3.1 Fase de toma de datos

1.1.3.1.1 Descripción del sistema estructural: La edificación en estudio presenta un sistema estructural de arcos de medio punto en mampostería estructural (dovelas) y no estructural soportada por una viga canchada, la cubierta compuesta por estructura metálica, y en ella soporta una teja ondulada.

1.1.3.1.2 Levantamiento planímetro. En esta fase documental no se cuenta con diseños que permitan determinar su tipología y dimensiones. Por lo tanto, el departamento de plata física de la universidad santo tomas debe realizar un

estudio que permita determinar las coordenadas de los linderos del edificio Alberto E. Ariza y el levantamiento estructural de la construcción.

1.1.3.1.3 Recuentro fotográfico: Se elaboró el formato de toma de fotografías que permite identificar de manera visual el grado de afectación de acuerdo con los tipos de lesión encontrados, mediante los formatos de recuento fotográfico (Ver imagen 42, formato de fotografías)

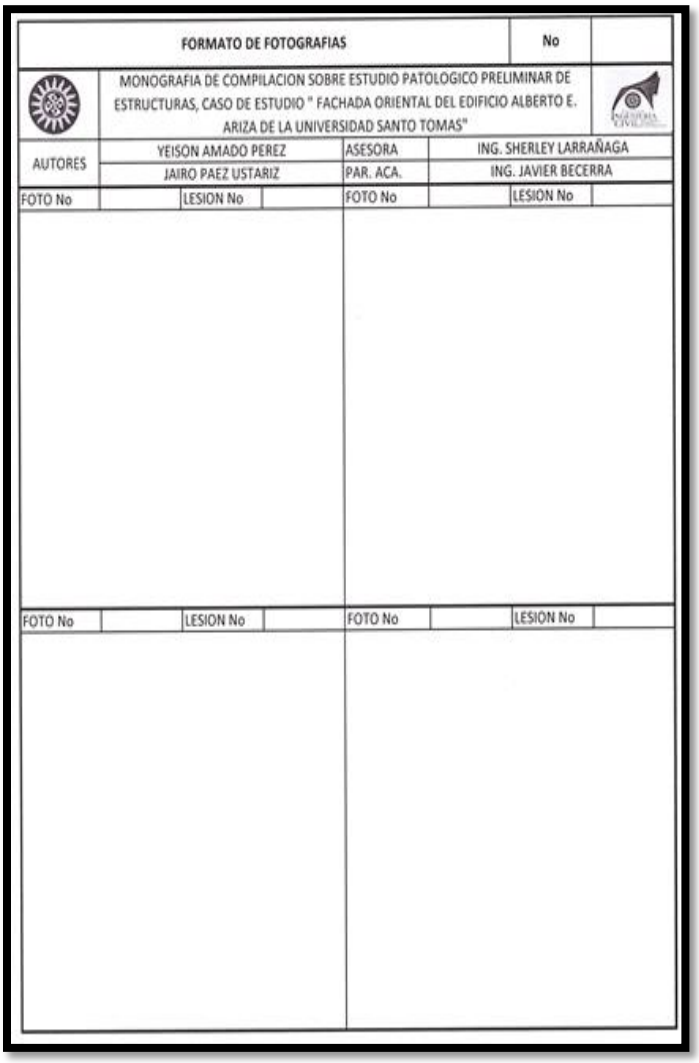


Imagen 42. Formato de fotografías. Basados en (Valera, Zetien, 2013), Evaluación y diagnostico patológico de la casa cural de la iglesia de Mogrovejo de Cartagena de Indias,2013

Para la identificación del espesor (e) de las fisuras se tomo un patrón de medida denominado fisurimetro (ver imagen 43, fisurimetro). Este consta de una serie de líneas en las cuales cada una tiene su espesor específico, iniciando este patrón desde 0,15mm de espesor hasta llegar a 2mm, después de los 2mm es una grieta. Para la longitud (l) se toma una regla con medida de centímetros (cm). Para la toma de grietas se utiliza una regla promediando los espesores para tener un espesor más exacto.

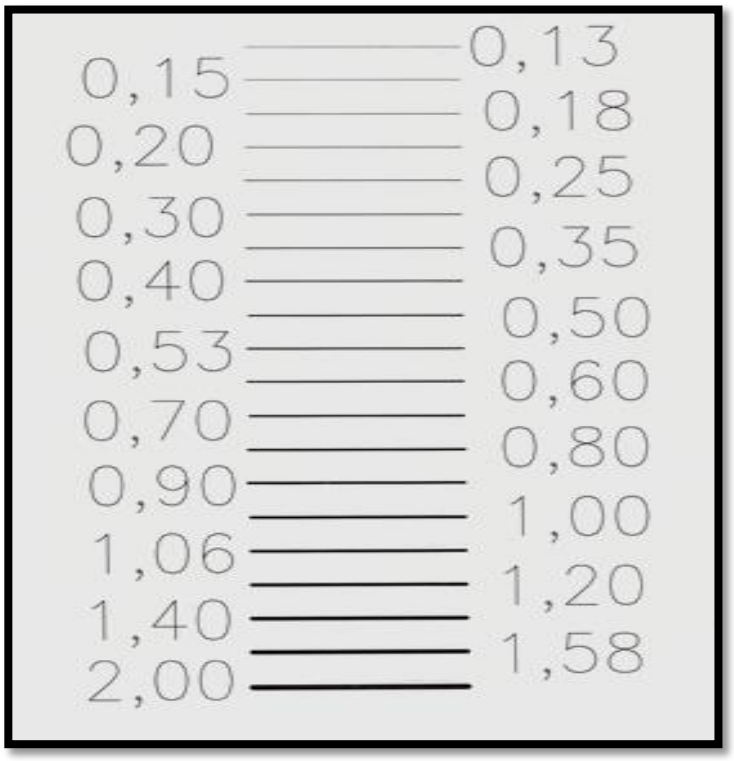


Imagen 43. Fisurimetro

1.1.4 Diagnostico preliminar

Inventario de daños: posterior a la toma de datos, y con la ayuda del formato de fotografías se realiza un inventario de daños, como su nombre lo indica es un conteo de las lesiones encontradas. Por medio de gráficos, tablas, se clasifican los

tipos de lesiones halladas, esta clasificación se hizo en las tres plantas de la fachada. En cada planta se realizó un conteo de las lesiones y cuáles son las que más se repiten en cada piso, en el caso de las fisuras se hacen gráficos que nos muestran los porcentajes de los espesores encontrados y finalmente se hizo un gráfico comparativo donde se encuentran los tres pisos y cuales patologías son las más comunes en toda la fachada

Análisis y resultados: Mediante los formatos de tomas de datos y formatos de fotografías (anexos 1 y 2), se clasifica y analiza cada tipo de lesión y su posible origen.

Para tener un orden más claro se enumeraron los arcos de la fachada empezando en el tercer piso de norte a sur y así sucesivamente en los dos pisos siguientes, como se muestra en la figura 1, de esta manera poder identificar cada arco y determinar cuáles fueron los más críticos.

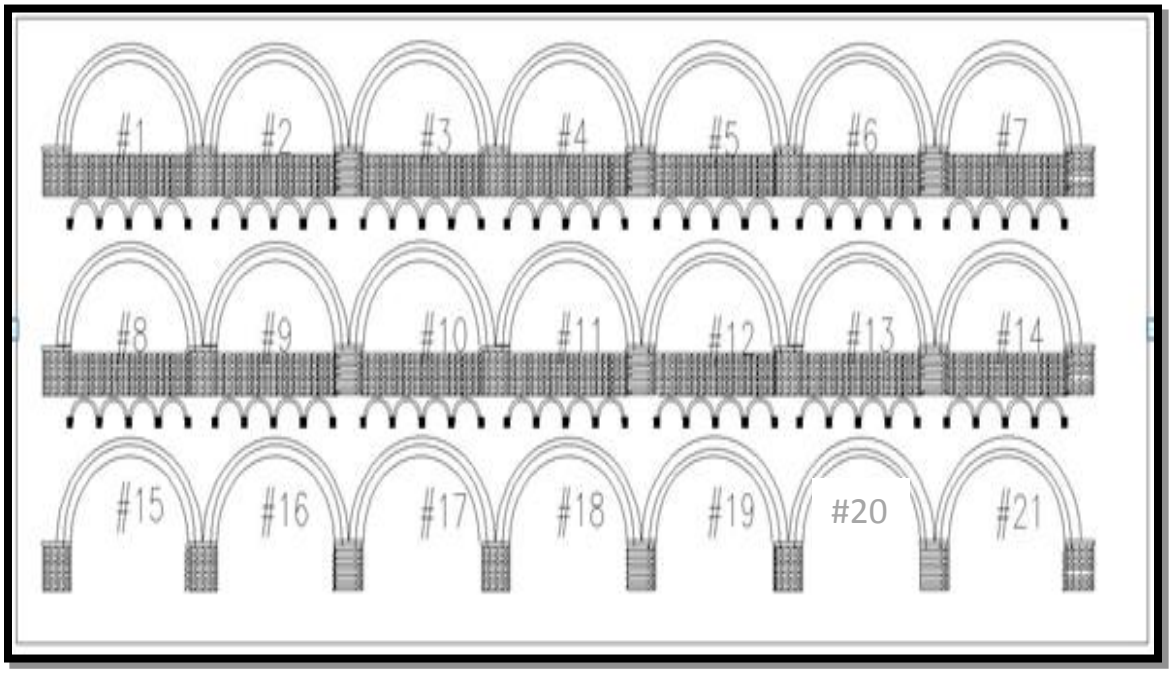


Figura 1. Esquema de arcos numerados.

7 CASO DE ESTUDIO FACHADA ORIENTAL DEL EDIFICIO ALBERTO E. ARIZA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

Este trabajo de grado está enfocado dentro del tipo de investigación mixta que está compuesta entre revisión bibliográfica y aplicación a un caso estudio. La primera etapa está compuesta de una revisión, recopilación y clasificación bibliográfica, cuyo objetivo fue brindar herramientas académicas que permitan terminar el caso de estudio de la mejor manera, y una segunda etapa de trabajo de campo aplicado al caso de estudio que es fachada oriental del edificio Alberto E. Ariza de la universidad Santo Tomas. Se realizara un diagnostico patológico preliminar a esta fachada.

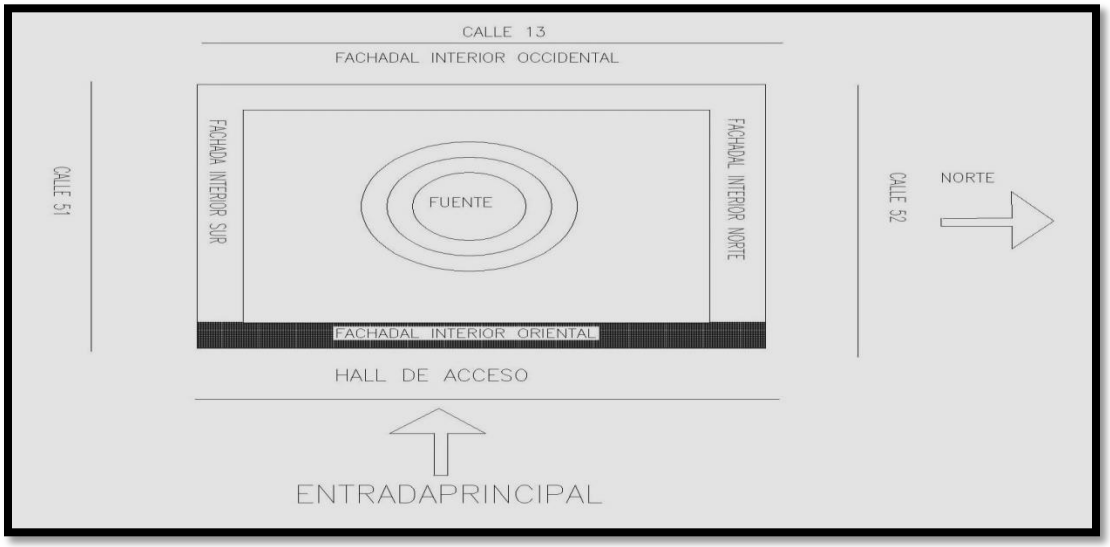


Figura 3. Planta de ubicación y localización de la fachada dentro del edificio

7.1 Descripción del edificio

El edificio Alberto E. Ariza (Arcos) de la Universidad Santo Tomas, cuenta con tres caras en forma de arcos y es de tres niveles en donde cada nivel funciona como

salones de clase. El edificio consta de 63 arcos estructurales, en la cual están construidos con mampostería estructural, dovelas, mortero de pega.

El tipo de arco diseñado en el edificio es un Arco de Medio Punto**,** que en arquitectura, es un tipo de arco que en la parte cóncava tiene la forma de un semicírculo. Es el elemento principal de la arquitectura abovedada, formando un tipo de arco cañón. Antiguamente solía estar conformado por dovelas de adobe, ladrillo o piedra

Mediante el documento y estudio, su tipología y estilo de diseño que presenta la construcción, se puede determinar que la edificación fue diseñada con influencia de la Arquitectura del Renacimiento, por su forma de los Arcos y el acabado de la fachada. La caracterización del edificio en su forma y tipo de arco, presenta un arco de medio punto en el cual sus inicios de construcción fueron en la época mesopotámica y se desarrolló en la época romana.

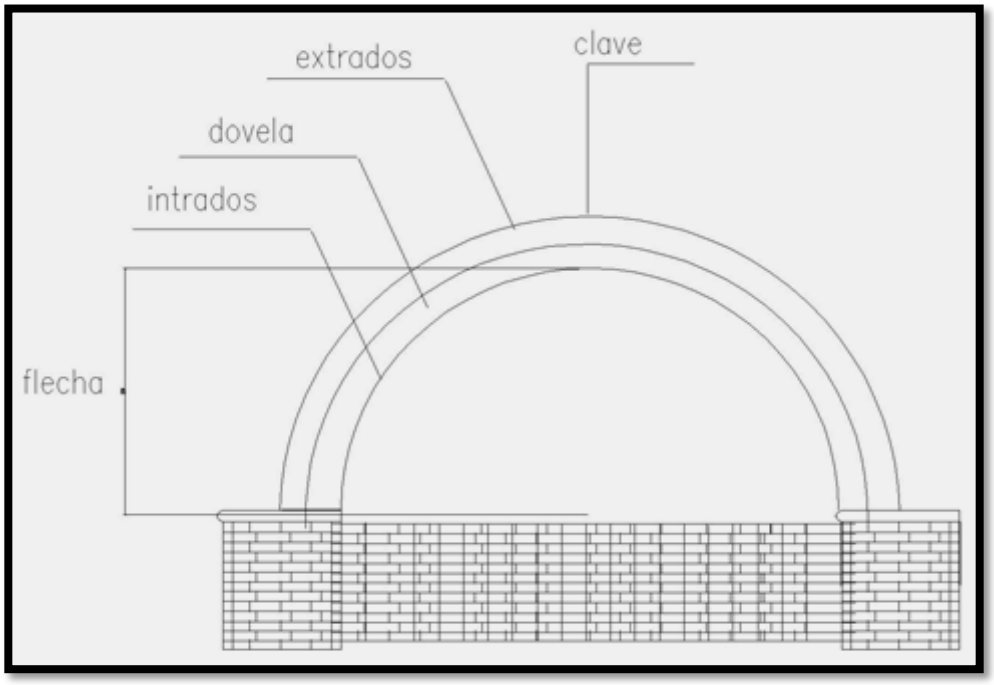


Figura 4. Partes de un arco.

7.2 Inventario de daños

A partir de los anexos 1y 2 se realiza un inventario de daños por piso, para así comparar la diferencia entre cada uno de ellos o si por el contrario todos los pisos se comportan de la misma manera.

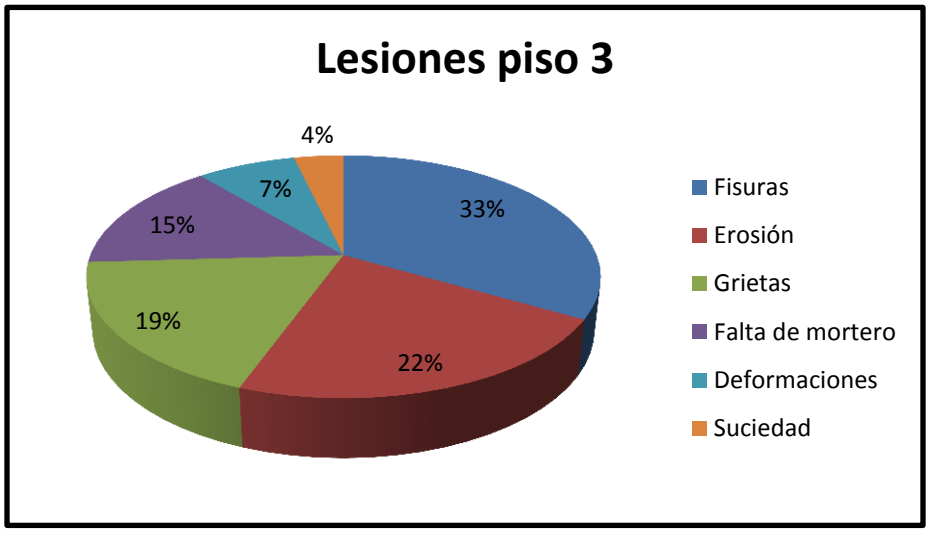
7.2.1 Piso 3

Cada planta está compuesta de 7 arcos, en el tercer piso se tomaron 28 patologías que están divididas de la siguiente manera:

Tabla 2. Tipos de lesiones piso 3.

TIPO DE LESIONESPISO 3	No
Fisuras	9
Erosión	6
Grietas	5
Falta de mortero	4
Deformaciones	2
Suciedad	1

Figura 5. Lesiones piso 3



El 22% de las lesiones son erosiones en los ladrillos, causados por agentes erosivos como el agua y el viento, debido a su acción continua, produce desgaste en la superficie del materialcomo se observa en la foto No 3, (anexo 2.1)

foto No 3,(anexo 2.1). desgaste de ladrillo por erosión

EL 7% de las lesiones halladas en el tercer piso corresponden a desprendimientos, en la parte frontal de los arcos, como se observa en la foto No 27 (Anexo 2.5)

foto No 27, (anexo 2.5). desprendimiento de ladrillo parte frontal

Las fisuras encontradas varían en tamaño, tanto en longitud como en espesor, en grafico (figura 6) se muestra los porcentajes de los tamaños y espesores de las fisuras encontradas. La medida de las fisuras se tomaron con ayuda de un

fisurimetro (imagen 41), y las unidades utilizadas son, para longitud centímetros (cm), y para espesor milímetros (mm).

Figura 6. Espesor de fisuras piso 3

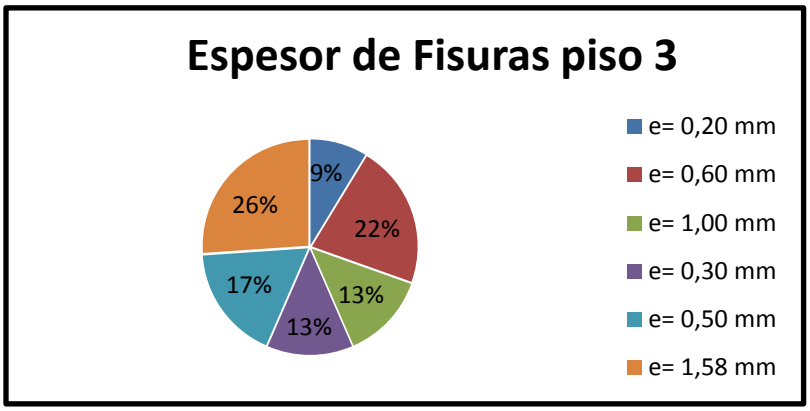
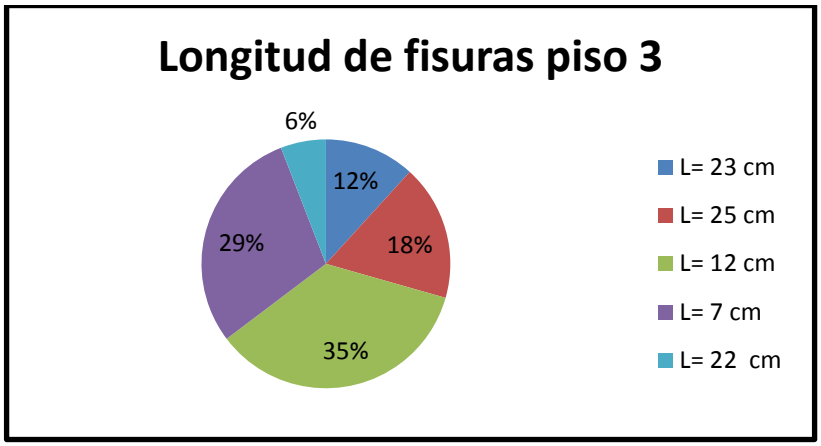


Figura 7. Longitud de fisuras piso 3



Las grietas encontradas estan en los ladrillos estructurales, estas tienen una medida promedio de L= 7cm, e= 0,5 cm, las profundiades de las grietas varian dependiendo del Arco.

Las pocas humedades que se reflejan, se encuentran en el piso superior entre la clave y la dovela del arco, ya que por deterioro normal y uso de la cubierta en teja

se posa un poco el agua cuando llueve y en las bajantes de aguas lluvias como se observa en la foto No 53 (anexo 2,9). El agua se filtra entre la viga canal y los muros de cubierta reflejando así una mancha en el intradós del Arco que por alcalinidad se observa de color blancuzca, quiere decir que la humedad está seca y por la sal del agua se refleja de esta manera.

foto No 53, (anexo 2,9), humedades atravesando el espesor del ladrillo

También se observan humedades por capilaridad, reflejando así manchas en los ladrillos de color oscuro (negro) en forma de bolitas en la base de la columna como se observa en la foto No 64 (anexo No 2,14). Sin embargo la humedad solo es el 1% del total de las lesiones encontradas en la fachada.

foto No 53, (anexo 2,9), humedades por capilaridad

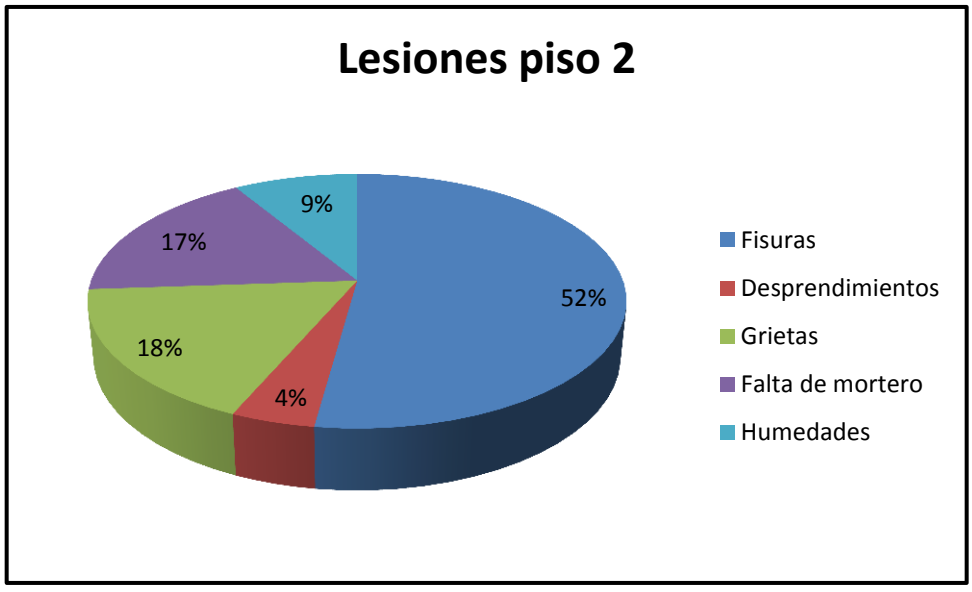
7.2.2 Piso 2

En el segundo piso la lesion que mas se repite son las fisuras, pero a diferencia de las del piso posterior estas son horizontales. En total en este piso se tomaron 23 patologias que estan distribuidad de la suguiente manera:

Tabla 3. Tipos de lesiones piso 2.

TIPOS DE LESIONES PISO 2	No
Fisuras	12
Desprendimientos	1
Grietas	4
Falta de mortero	4
Humedades	2

Figura 8. Lesiones piso 2.



Las grietas son el 18% del total de las lesiones en este piso, cabe anotar que la mayoria de estas grietas son por falta de mortero en las juntas de 2 ladrillos, estas grietas son llenadas de material organico y basura.

Las fisuras encontradas varían en tamaño, tanto en longitud como en espesor, en el grafico se muestra los porcentajes de los tamaños y espesores de las fisuras encontradas. La medida de las fisuras se tomaron con ayuda de un fisurimetro, y las unidades utilizadas son, para longitud centímetros (cm), y para espesor milímetros (mm). En este piso habian sectores donde habian 5 o 6 fisuras en la misma parte, en estos casos se saco una longitud media y un espesor medio.

Figura 9. Longitud de fisuras piso 2

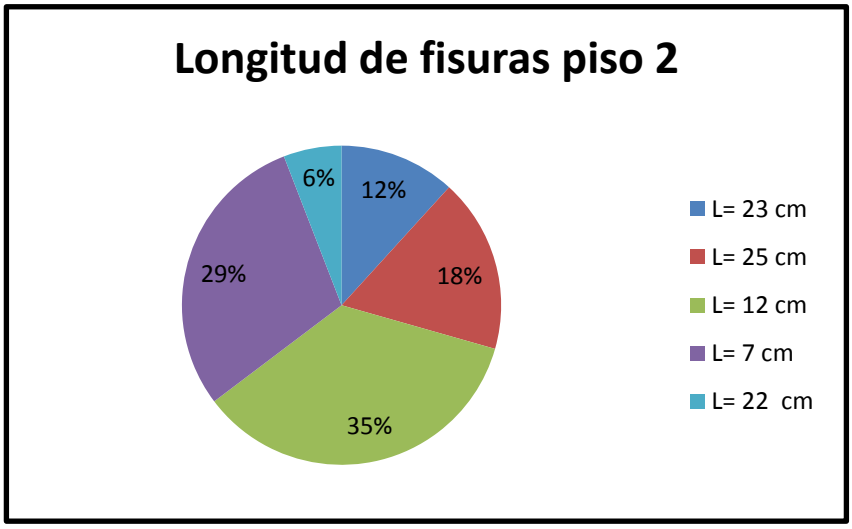
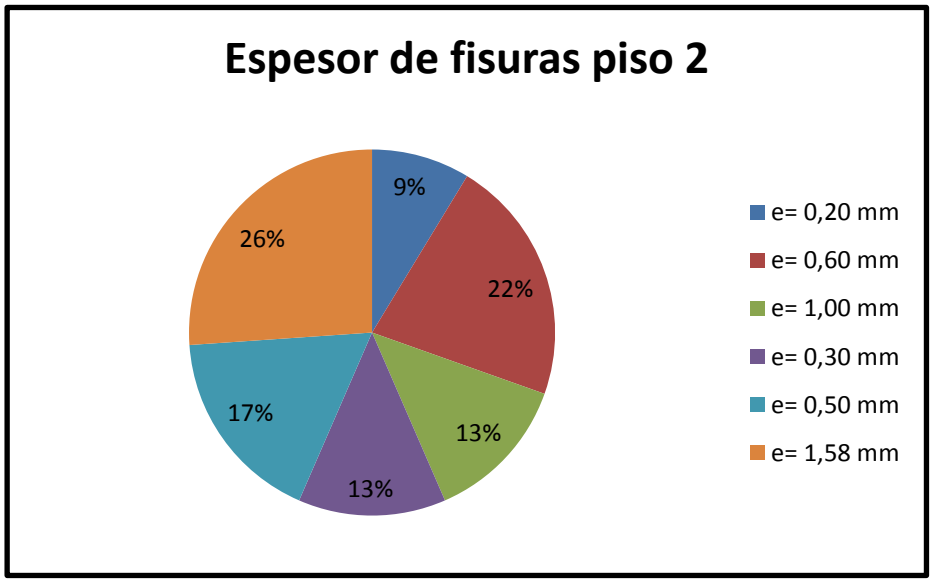


Figura 10. Espesor de fisuras piso 2



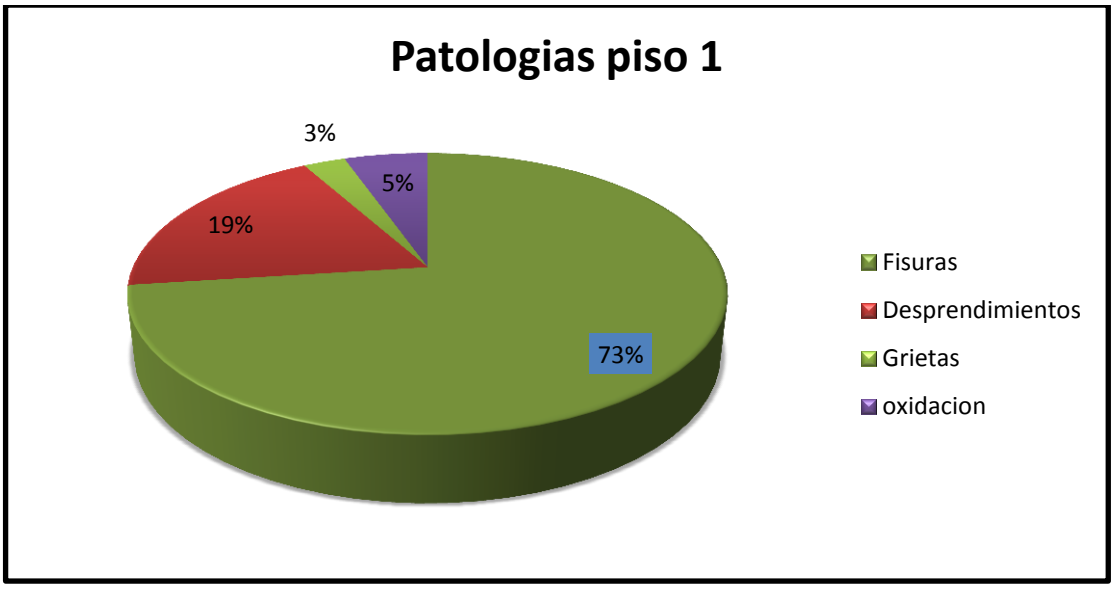
7.2.3 Piso 1

En el primer piso se tuvo la facilidad de analizar el arco por las dos caras la externa y la interna, en los otros dos pisos se hizo un analisis solamente la cara interna y lo que se alcanzaba a ver de la externa desde la parte de afuera, en este nivel se tomaron 37 lesiones distrubuidas asi:

Tabla 4. Tipo de lesion piso 1.

TIPO DE LESION PISO 1	No
Fisuras	27
Desprendimientos	7
Grietas	1
oxidación	2

Figura 11. Patología piso 1.



El 19% de las lesiones corresponden a desprendimientos, la mayoría de estos en la parte baja de los arcos.

En este nivel es dondese encontraron más fisuras, la mayoría son horizontales y de una longitud mayor que la de los pisos posteriores, en lossiguientes gráficos se muestran los porcentajes de los tamaños y espesores

Figura 12. Longitud de fisuras piso 1.

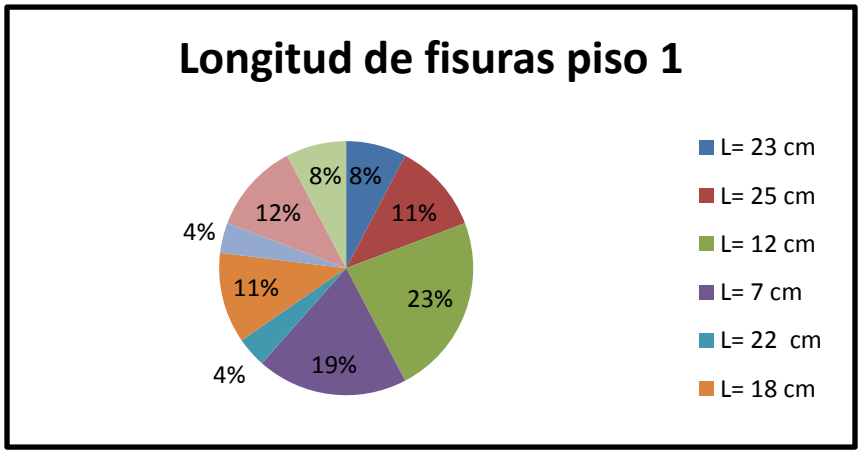
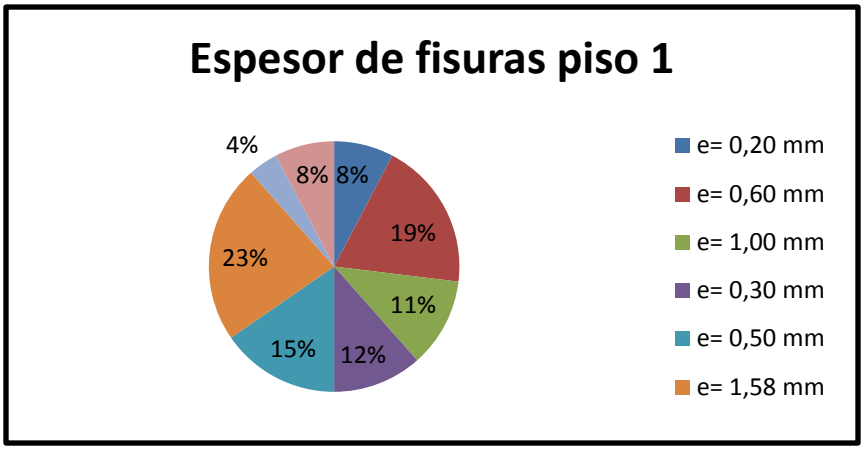


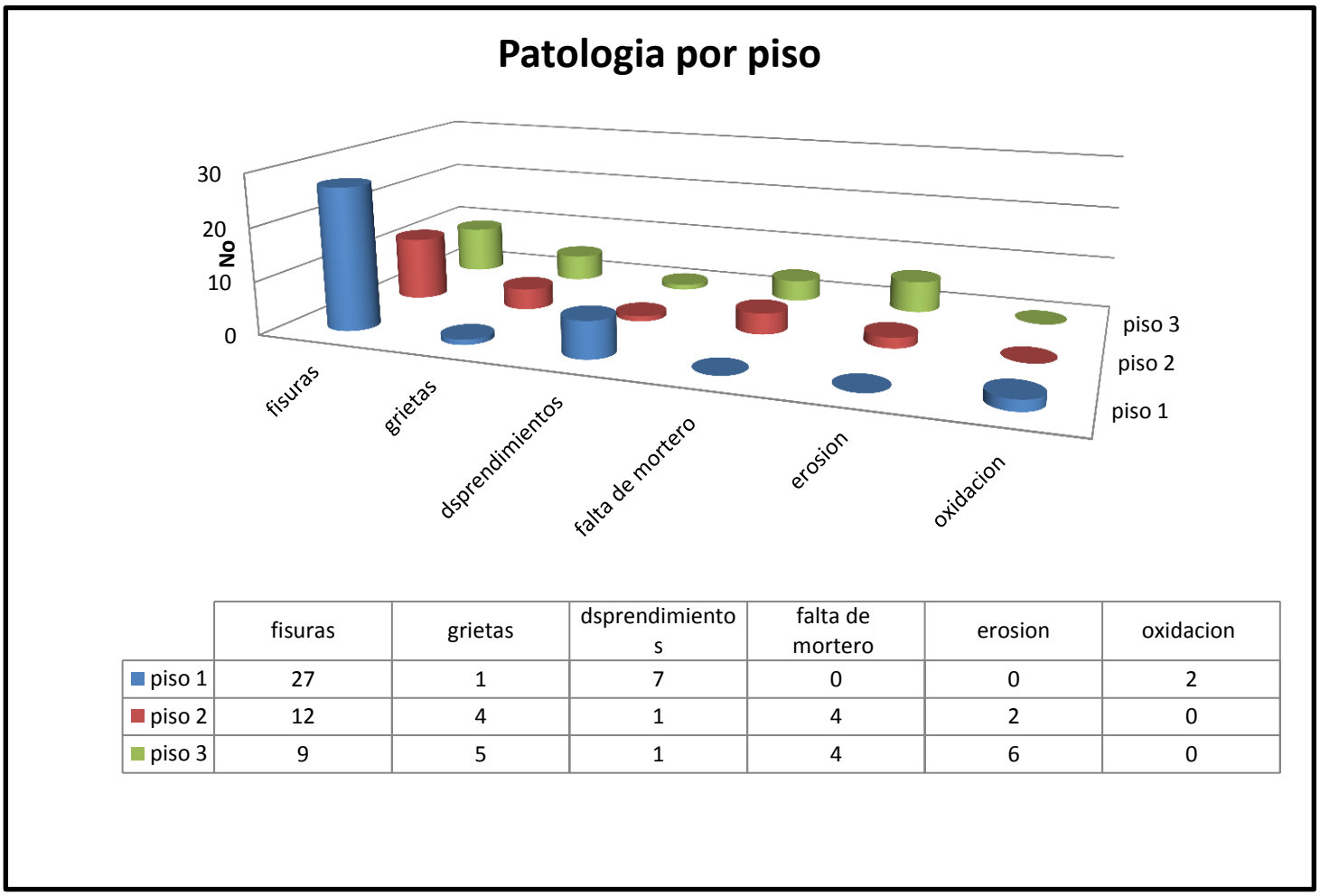
Figura 13. Espesor de fisuras piso 1.



El 5% de las lesiones corresponden a oxidaciones y descoloraciones de algunos ladrillos, estos en su mayoría en la parte baja y en la cara externa de los arcos.

Como se evidencia en este inventario de daños las fisuras son la lesión que más se evidencia en las 3 plantas, en el grafico se muestran los tres pisos, y en ellos se muestra cual es la lesión que más se repite en cada una de ellos.

Figura 14. Patología por piso.



	fisuras	grietas	dsprendimientos	falta de mortero	erosion	oxidacion
piso 1	27	1	7	0	0	2
piso 2	12	4	1	4	2	0
piso 3	9	5	1	4	6	0

8 ANALISIS Y RESULTADOS

Daño Visible: La inspección visual permitió detectar e identificar las lesiones presentes en el edificio, de acuerdo con la tabla tipo de lesiones podemos caracterizar:

Tabla 5. Tipos de lesiones

TIPOS DE LESIONES		
A) Fisicas	A.1	Humedad
	A.2	Filtraciones
	A.3	Suciedades
	A.4	Erocion
	A.5	Manchas/ Rayado
B) Mecanicas	B.1	Deformaciones
	B.2	Grietas
	B.3	Fisuras
	B.4	Roturas
	B.5	Desprendimientos
	B.6	Faltantes
C) Quimicas	C.1	Eflorecencias
	C.2	Oxidaciones
	C.3	Corrociones
	C.4	Exfoliacion
D) Organismos Vivos	D.1	Insectos Xilofagos
	D.2	Mohos y hongos
	D.3	Plantas superficiales
	D.4	Animales - palomas
E) Antropogenicos	E.1	Alteracion volumetrica
	E.2	Alteracion espacial
	E.3	Carencia de manteniemiento
	E.4	Diseño inadeciado

- Desviaciones visibles y deformaciones intencionales: La edificación no presenta alteraciones en el componente estructural, debido a que es una estructura en mampostería estructural, pero debido a la antigüedad de la

estructura presenta algunos desprendimientos en la trabe del ladrillo, como consecuencia de esta expuesta a procesos antrópicos.

Este análisis se basó en el inventario de daños (numeral 7.4), se observa que las lesiones más comunes son fisuras, grietas, desprendimientos y erosiones. En los tres pisos de la fachada las fisuras es la lesión más repetitiva, especialmente se evidenciaron en el piso inferior y en el segundo piso, más precisamente en las columnas y las dovelas de los arcos.

En el grafico del inventario de daños del tercer piso (figura 7), se observa que las fisuras corresponden al 33% de las patologías encontradas, estas están ubicadas en las columnas de los arcos, su espesor (e) promedio es de 70 milímetros (mm) y su longitud (L) promedio es de 15 centímetros (cm), son de carácter superficial,. Ejemplo foto No 29 (anexo 2.5)

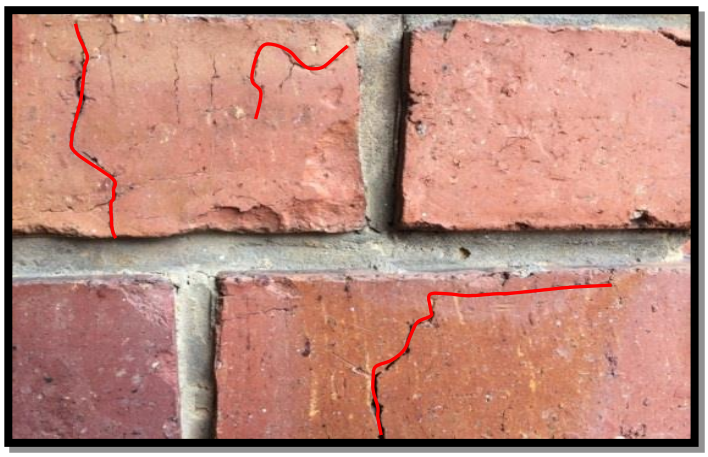


Foto No 29, (anexo 2,5), fisuras que se encuentran atravesando el espesor del ladrillo

En el segundo piso las fisuras corresponden al 52 % de las lesiones encontradas (figura No 7), en este piso a diferencia del primero las fisuras principalmente se encuentran en el ladrillo de la esquina de las columnas del arco, y como se aprecia en la foto No 44 (anexo 2.7) las fisuras van a lo largo del ladrillo por sus dos caras, lateral y frontal, en otros ladrillos las fisuras van en forma de ele (l), pero al igual que en el tercer piso estas fisuras son superficiales, no sobrepasan

del ladrillo al mortero, a pesar que la longitud (L) promedio de estas es de 20 cm, y su espesor (e) promedio es de 0,52 milímetros (mm).

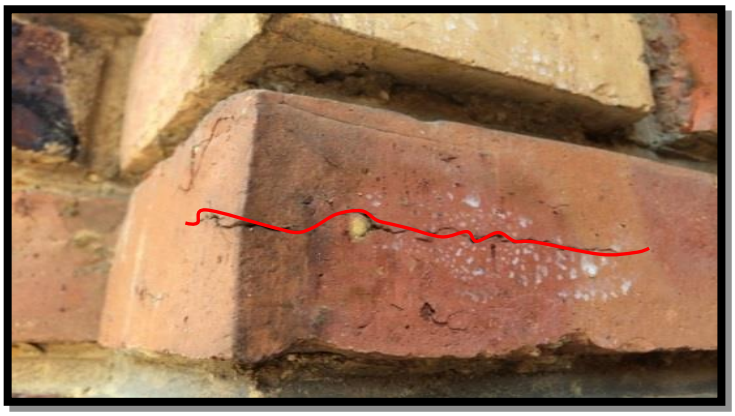


Foto No 44,(anexo 2.7). fisura que atraviesa la parte frontal y lateral del ladrillo

En el primer piso se analizaron los arcos por ambas caras por su fácil acceso. En este piso al igual que el segundo las fisuras corresponden a la lesión que más se repite, son el 73% de las lesiones encontradas. En ambas caras del arco las fisuras se reflejan en las paredes laterales y su longitud abarca hasta la parte interna del arco, ejemplo foto No 68 (anexo 2.13), pero al igual que en los dos pisos anteriores la fisura no sobrepasa el ladrillo donde se encuentra hacia el mortero, las fisuras tiene longitud (L) promedio de 20 cm y espesor (e) 0,65 mm.

Foto No 86, (anexo 2.13), fisura horizontal en la cara interna del arco

De acuerdo a lo anterior se puede observar que las fisuras corresponden a fisuras superficiales, no sobrepasan el ladrillo al mortero de pega y a otros ladrillos lo cual descarta que sean muestra de una falla estructural, estas fisuras pueden tener varios orígenes, pueden ser desde el momento de la fabricación del ladrillo, como se explica en el numeral 5.6.5 (patología en ladrillos), ya que en la fecha de la construcción, las fábricas de ladrillos no eran muy tecnificadas como son en la actualidad, por lo tanto algunas fisuras pueden venir desde el momento de la cocción, o de los procesos de construcción en la fábrica de ladrillos. La humedad y la exposición de la estructura a la lluvia también contribuyen al desarrollo de estas fisuras como se manifiesta en el numeral 5.5.2 (fisuras- fisuras por lluvia) Por acción de la humedad pluvial y sus ciclos que proveen mayor o menor hidratación según sea el caso produciendo dilatación y contracción del material superficial generando signos visibles.

En el caso de las grietas, como se observa en el inventario de daños (numeral No 7,4), las grietas en los tres pisos tienen un porcentaje muy pequeño, en el piso 3 es del 19% y en los pisos 1 y 2 solo corresponden al 3% de las lesiones encontradas, estas grietas no sobrepasaban una longitud de 8 cm y un espesor de 0,5 cm, que por deterioro, cambio de tipología y años de construcción son normales que aparezcan, estas grietas se encuentran en un ladrillo, ninguna de ellas atraviesa 2 o 3 ladrillos lo cual podría descartar fallas estructurales, como se muestra en la foto No 9 (anexo 2,9). Las grietas encontradas pueden tener diversos orígenes, uno de ellos por la mala fabricación de los ladrillos, las grietas también pueden aparecer porlos cambios de temperatura como se explica en el numeral 5.5.5.1 (grietas- grietas térmicas) Este tipo de grietas se puede hacer presente tanto en estructuras de concreto como en mampostería, y se deben al cambio de volumen por variación de temperatura generando procesos de contracción o dilatación.

foto No 9, (anexo 2,9), grieta en el centro del ladrillo, de la cara interna del arco

Los desprendimientos que fueron muy pocos encontrados se reflejaron más en el primer y segundo piso. En la pata de los arcos del primer piso es donde aparecen más desprendimientos, por la cercanía al suelo y el fácil contacto con los estudiantes o trabajadores, pueden afectarse manualmente como se muestra en la foto No 69 (anexo 2,12), ya que al pasar con algún objeto contundente o simplemente al afirmar el pie bruscamente se puede desprender las esquinas de los ladrillos, estos desprendimientos son causados por el deterioro normal de la estructura y por no hacerle un mantenimiento constante en el edificio.

foto No 69, (anexo 2,12), desprendimientos el los ladrillos esquineros de las patas de los arcos del primer piso

Un problema evidente que ocurre sobre todo en el segundo y tercer piso es la falta de mortero en la junta de los ladrillos, en el antepecho de los arcos es donde más se observa.Este problema es el que más se repite en toda la fachada, y en algunos casos como en el arco No 8 (anexo No 1,6), es muy crítico, donde hay una falta de mortero en la junta de 8 ladrillos, como se muestra en la foto No 36 (anexo 2,6), es un espacio bastante ancho, y estos espacios son llenados por las personas con , basura y material orgánico que puede hacer aún máscrítico este problema.

Foto No 36 (anexo 2,6), falta de mortero en el antepecho del arco No 8 que abarca 8 ladrillos

En la foto No 14 (anexo 2,3) se observa que por falta de mortero de pega, se hace una grieta y se rompe el ladrillo, la profundidad en la junta de los ladrillos es de 5cm, casi la altura del ladrillo.En el fondo de la grieta se desprende un material orgánico (tierra), y al seguir raspando sale cada vez más, cabe anotar que este material no coincide con los materiales normales del mortero de pega (arena, cemento). Como se mencionó anteriormente estos espacios son llenados con basura, y también entierran objetos como puntillas y tornillos (foto No 23, 24,25 anexo 2,4). Esta falta de mortero es un proceso normal en mampostería y se debe a procesos erosivos y al uso normal de la estructura, pero si no se hace

mantenimiento preventivo este problema se hace más crítico por el contacto directo de las personas con las juntas.

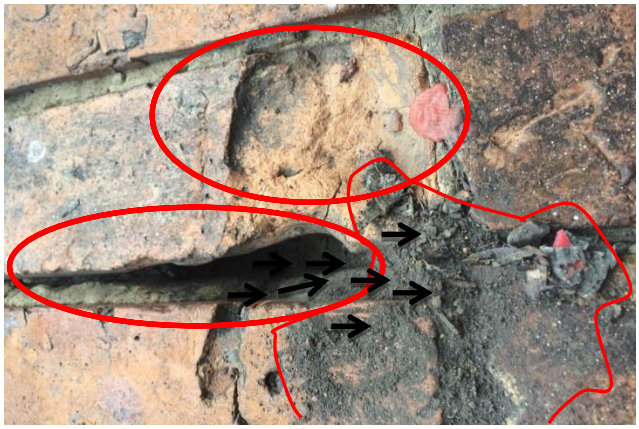


foto No 14 (anexo 2,3). caso critico de falta de mortero en la junta de los ladrillos, los espacios son llenados por material orgánico, basura, chiclets.

En el tercer piso, el 84 % de los arcos presenta el mismo problema, la imposta de cada arco lleva un ladrillo horizontal que sobresale de los demás ladrillos del arco, este ladrillo presenta desgaste y está afectado por agentes erosivos como la lluvia y el viento, únicamente se presenta este desgaste en las impostas de los arcos como se evidencia en la foto No 11 (anexo 2,2), al pasar los dedos sobre este ladrillo, este desprende partículas del material del ladrillo.

foto No 11 (anexo 2,2). ladrillo externo de la imposta del arco afectado por agentes erosivos.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según el diagnóstico preliminar las lesiones encontradas se deben al debido uso de la estructura, también a la antigüedad de la misma, algunas lesiones pueden ser causadas por el contacto directo con las personas que han hecho uso de la edificación, pero con algunos procesos de rehabilitación de la fachada y mantenimiento preventivo se pueden mitigar estos daños

- Con base a las diferentes referencias bibliográficas estudiadas y analizadas, se logro construir un documento con información clasificada por temas que permitió desarrollar un estudio patológico en fase de investigación preliminar, para aplicarlo al caso de estudio.

- En la metodología aplicada, en la fase de toma de datos y registro fotográfico, se observa que en piso 3 las lesiones más representativas fueron las fisuras con un 33% y las erosiones con un 22%, estas ultimas lesiones son de tipo químico provocados por agentes climáticos como: la lluvia, el viento y cambios bruscos de temperatura. Ya que hacen que el material genere desprendimientos, erosiones y deformaciones.

- Comparando el piso 1 con el segundo y tercer piso, el aumento en el numero de fisuras es significativo, corresponden al 73% de las lesiones, es el piso mas critico en cuanto esta lesión ya que su longitud promedio es de 20 cm, y su espesor promedio es de 1,65 mm 3. Es decir las fisuras es la lesión que más se repite en la fachada, y va en aumento de los pisos 3 al 1, pero en ningún piso sobrepasan del ladrillo al mortero de pega y otros ladrillos, lo que inicialmente podría descartar un problema estructural

- un problema evidente que se presenta en el segundo y tercer piso y que se puede volver más crítico con el tiempo es la falta de mortero en la junta de los ladrillos, es recomendable ejecutar procesos de rehabilitación a este problema, donde se pueda hacer una recolmatacion de las juntas de mortero alteradas por la erosión.

- En el tercer piso se presenta desgaste de algunos ladrillos de las impostas de los arcos por contacto directo de agentes erosivos como la lluvia y el viento, es recomendable en los procesos de mantenimiento implementar también impermeabilizaciones para proteger estos ladrillos de la erosión.

- El estudio patológico se puede realizar desde el momento del diseño de la edificación, detectando así fallas y falencias en los materiales constructivos, para poder prevenir las lesiones posteriores a la construcción

- Los estudios de Patología de la construcción presenta diferentes niveles de desarrollo; para Colombia el Reglamento de Construcciones Sismo-Resistente-NSR10 contempla la evaluación para el análisis de vulnerabilidad sísmica y adicionar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes. Sin embargo, la norma plantea unos lineamientos que no son lo suficientemente extensos para definir los procedimientos que otorguen la calificación cualitativa del estado de la edificación entre los grados bueno, regular y malo

- Según el autor Renne Alexander pacheco Reyes, en su metodología para un estudio patológico en fase de investigación preliminar, clasifica las patologías en graves o críticas y menores donde lo aplica en una vivienda multifamiliar. con respecto al caso estudio se clasifico las lesiones encontradas en bueno, regular y malo según el Reglamento de Construcciones Sismo Resistente (NSR-10), donde si no se realiza un estudio de prevención pertinente se empeorara más la problemática.

- Es pertinente realizar campañas de conservación y cuidados de la estructura dirigida principalmente a los estudiantes, ya que algunos daños que se presentaron son por malos cuidados e incrementación de los mismos manualmente

- A partir de los resultados del diagnóstico preliminar a la fachada oriental, es evidente la necesidad de hacer un Estudio patológico completo a las 4 fachadas del edificio Alberto E. Ariza, liderado por especialistas en el área de patología de la construcción

- Se recomienda llevar a cabo un estudio de vulnerabilidad sísmica que permita descartar daños estructurales o desarrollar un reforzamiento estructural en caso de ser requerido.

- Es importante para la realización de un estudio patológico detallado, la documentación pertinente, como planos estructurales, cimentación, y tipo de material empleado en la estructura, para poder así llegar a un análisis más preciso a la hora de realizar un estudio patológico.

- En un estudio patológico preliminar se debe clasificar el tipo de lesión ya sea bueno, regular, malo. Para así tener un mayor grado de importancia a la hora de intervenir en la estructura.

- Como profesionales del área se debe tener en cuenta la aplicación de las normas constructivas, el buen diseño, los adecuados procesos constructivos, la correcta utilización de los materiales, las características del terreno, los controles de calidad, con el fin de prever todas y cada una de las situaciones que podrían generar patologías.

10 BIBLIOGRAFIA

* ALCUDIA SERRANO, Fransisco: Patología de la edificación - el lenguaje de las grieta. Fundación escuela de la edificación. Madrid España, 1999

* ALMARIO SALAZAR, Cesar Tulio, BUELVAS SALAZAR Richard Isaac: *Estudio de patología y vulnerabilidad sísmica del edificio de Sincelejo sucre*. Universidad de Sucre, Facultad ingeniería civil. Colombia, 2006.

* AlFONSO , Jonatan, : *Tomado de (Jonathan Alfonso "Influencia del curado con CO2 en mampostería fabricada con sistemas cementantes ternario" 2013 PAG 49.*

* ANDERSON, T. (2012).*Types of sand best used for brick work, C*onsultada el 13 de mayo de 2014, http://www.ehow.com/info_8506061_types-sand-used-brick-work.html

* ASTORGA, Ariana, RIVERO, Pedro: *Patología en las edificaciones, modulo III sección IV,* centro de investigación en Gestión Integral de Riesgos. España 2009

* BECERRA J.E; GUZMAN, M.A; PATIÑO, J.S. 2014. Ornamental sandstones of Une Formation. Physical, chemical and petrographic characterization to Civil Engineering and Heritage Restoration in Colombia. Proceedings abstracts: V Global Stone Congress. Antalya – Turkey.

* BECERRA BECERRA J.E. 2013. Avances en Caracterización físco-mecánica de las lajas rústicas utilizadas en construcciones patrimoniales de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca – Colombia. Memorias del III Congreso Iberoamericano y XI Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. CD Rom. ISBN: 978-987-26159-5-6.http://www.coibrecopa.com.ar.

* BECERRA BECERRA J.E; CAMACHO PÉREZ, N; VILLALBA GOMEZ, L.E. 2013. Diagnóstico de patologías, caracterización mineralógica y estructural de la tapia pisada del Paredón de los Mártires (Bien de Interés Cultural Colombiano) para trabajos de restauración. Memorias del III Congreso Iberoamericano y XI

Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. CD Rom. ISBN: 978-987-26159-5-6.http://www.coibrecopa.com.ar.

* BECERRA BECERRA J.E. 2009. Avaliação da susceptibilidade aos processos de deterioração dos calcários ornamentais da Formação La Tampa usados na construção civil de Medellín – Colômbia. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências IGC/Universidade Federal de Minas Gerais UFMG. 180p.

* BRIÑES, MaríaCamila: Historia del edificio Alberto E. Ariza (Arcos). Revista The Strucs, vol 1. Universidad Santo Tomas. Bogota 2013

* BORRIS, Hernan Claudio, DOMINGUEZ, Vanessa Beatriz, SANCHEZ LAFUENTE, Maria Alba: Análisis de una patología de la construcción en vivienda unifamiliar. Universidad Nacional del Nordeste. 2010

* BROTO CARLES: *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. Biblioteca ETSAM,colección Stylish Ideas.2005. ISBN-10: 8489861951

* CALAVERA RUIZ, José: *Patología de las estructuras de hormigón armado*. Contenido en Basa N° 4. Editorial Intemac Ediciones España, 2005. ISBN: 8488764219, 9788488764218

* COSCOLLANO, José: *Restauración y rehabilitación de edificios*. Ediciones Paraninfo S.A, 2003.

* *CONSTRUMATICA,* Enciclopedia,tipos de lesiones patológicas, (en línea), España 2010, consultado el 10 junio de 2014, disponible en: http://www.construmatica.com/construpedia/patologiaenladrillos

* DIAS BARREIRO, Patricia: Protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto preforsado en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería civil. Bogotá 2014

* FLORENTÍN SALDAÑA, Mercedes y GRANADA ROJAS, Rubén: Patologías constructivas en los edificios. Prevenciones y soluciones. Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte/Universidad Nacional de Asunción. Asunción, 2009.

* *FlLORES FERNANDEZ, Venceslao: Dictamen sobre las lesiones aparecidas en vivienda"* Valdecuana Orense mayo 2012

* FORT, R. "Utilización de la Piedra Natural en Restauración". Contenido en: *Utilización de rocas y minerales industriales* (ed. M.A. García del Cura y J.C.

Cañaveras). Seminario de la Sociedad Española de Mineralogía, Vol. 2. 155-182. Ed. Universidad de Alicante, 2006.

* GARCIA ROMERO, Emilia, SUARES BARRIOS, Mercedes. "Las Arcillas: Propiedades y Usos" . Universidad de Salamanca, Madrid, España 2008

* GONZALES DE VALLEJO, L.I. " Ingeniería geológica". Ed. prentice may. España 2002.

* GUERRERO, L. (2013, Juio). *clasificación de piedras y su uso en la construcción,* consultada el 17 de mayo de 2014, http://vidaverde.about.com/od/Tecnologia-y-arquitectura/tp/Clasificacion-De-Piedras-Y-Su-Uso-En-La-Construccion.htm

* MADERA EN LA CONSTRUCCION, año 2005, capitulo XI madera, consultado del 15 de mayo de 2014 : http://html.calidadconstructiva.com/madera-en-la-construccion.html

* MATERIALES MECANICOS, año 2002 , procesos de fabricación trabajo practico, consultado el 20 de mayo de 2014: http://html.enciclopediainformatica.com/metales_5.html

* MONJO CARRIO, Juan: *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*. Editorial Munilla- Lería. Madrid, 1994.

* MONTANI, Rick: "La carbonatación, enemigo olvidado del concreto" Instituto Mexicano del cemento y del concreto A.C. Revista construcción y tecnología, Mexico Diciembre 2000: https//:www.imcyc.com/revista/dic2000/carbonatación

* OLIVEIRA G, María Cristina: “La preservación del centro histórico de la ciudad de OuroPreto (Brasil): una discusión propuesta”. Extraído de la red (http://academic02.tripod.com/ouropreto.pdf)

* ORMINDO DE AZEVEDO, Paulo: “El Pelourinho de Bahía, cuatro décadas después”. Contenido en ICONOS N° 20, *Revista de Ciencias Sociales*, FLACSO-Ecuador. Septiembre, 2004.

* PUENTE CÁRDENAS, Gabriela Salomé: *Patología de la construcción en mampostería y hormigones*. Facultad de ingeniería civil. Madrid, 2008

* Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 2012.

*RUIZ VALENCIA Daniel, LOPEZ PEREZ Cecilia, RIVERA Juan Carlos: "Propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales", Bogotá, Colombia 2012.

* TRAVIEZA, Luis, DIMAO Alejandro, LLORO Fernando, MARTINEZ Andrés: "patología de la construcción" Barcelona, España 2010

* VALERA RAMIREZ, Antonio Efrain, ZETIEN SILVA, Irving David: Evaluación y diagnostico patológico de la casa cural de la iglesia de Mogrovejo de Cartagena de Indias. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería Civil . Cartagena 2013

* ZANNI, Enrique: *Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura*. Editorial Brujas. Córdoba, 2008

Glosario

Absorción: s un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen. Es decir es un proceso en el cual un contaminante soluble es eliminado del agua por contacto con una superficie sólida (adsorbente). El proceso inverso a la adsorción se conoce como desorción.

Apuntalamiento: Sujetar alguna cosa con parales, especialmente un edificio, para reforzarla o para que no se derrumbe.

Capilaridad: Fenómeno por medio del cual el líquido de filtra por el material poroso como resultado presión externa, es la forma en la cual el agua es atraida hacia las paredes de los materiales.

Carbonatación: La carbonatación es un proceso lento que ocurre en el concreto, donde la cal apagada (hidróxido cálcico) del cemento reacciona con el dióxido de carbono del aire formando carbonato cálcico.

Cimentación: Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales

Coeficiente de dilatación: Propiedad que tienen los materiales para aumentar o disminuir su tamaño dependiendo de la temperatura.

Compresión: Es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección.

Conductividad térmica: Facilidad con que un material permite el paso del calor.

Daños: Síntomas de degradación en los materiales constituyentes en la estructura, accidentes ocurridos tanto en la fase de construcción como durante la vida útil

Demolición: Una demolición es el derrumbe de edificios y estructuras, por lo que se considera lo contrario a una construcción.

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de los materiales.

Desencofrado: Acción o efecto de retirar, en una obra de hormigón, los paneles de sostén

Desprendimientos: Son un tipo de movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo que involucran una escasa cantidad de terreno. Suele tratarse de rocas que caen por una ladera, debido a la pérdida del apoyo que las sustentaba.

Deterioros: Descomposición de los materiales constructivos por acción de la meteorización

Dilatación: Aumento de longitud, volumen o alguna otra dimensión métrica que sufre un cuerpo físico debido al aumento de temperatura que se provoca en él por cualquier medio. La contracción térmica es la disminución de propiedades métricas por disminución de la misma.

Dovelas: Es un elemento constructivo que conforma un arco y que puede ser de diferentes materiales, como ladrillo o piedra. Actualmente se elaboran en concreto armados o reforzados.

Durabilidad: Es aquel material que puede resistir en forma satisfactoria las condiciones de servicio a que estará sujeto, tales como: la acción química y el desgaste

Diagnóstico: Alude, en general, al análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Esta determinación se realiza sobre la base de datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando

Elongación: La elongación en un movimiento armónico simple es la variación que experimenta la longitud del muelle o resorte desde su posición de equilibrio

Empotramiento: Es un tipo de unión entre sólido resistente y otro sólido inmóvil respecto a un sistema referencia también inmóvil, que elimina por completo la posibilidad de movimiento de un sólido respecto al otro en los puntos del empotramiento.

Enfermedades: Proceso de afección progresivo, anomalía en el funcionamiento de un cuerpo.

Elasticidad: Designa la propiedad mecánica de ciertos materiales al sufrir deformaciones reversibles al encontrarse sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar su forma original cuando estas fuerzas exteriores desaparecen.

Feldespato: El feldespato es un componente esencial de muchas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de tal modo que muchas de estas rocas se clasifican según su contenido de feldespato

Geotecnia: Es la rama de la Ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra.

Humedad: Signo visible en las estructuras que muestra la penetración de agua en los materiales.

Intervención de modificación o rehabilitación: Operaciones mediante las cuales se hacen cambios profundos a la estructura.

Lesión: Toda anomalía que pueda afectar el funcionamiento óptimo de la estructura.

Maleabilidad: Es la propiedad de un material duro de adquirir una deformación acuosa mediante una descompresión sin romperse. A diferencia de la ductilidad, que permite la obtención de hilos, la maleabilidad favorece la obtención de delgadas láminas de material

Mampostería: Sistema tradicional de construcción que consiste en la construcción de muros y edificaciones mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen. Estos elementos o materiales se denominan “mampuestos”.

Mantenimiento preventivo o conservación: Hace referencia a todas aquellas acciones que se hacen previas a la percepción de cualquier daño en la estructura y tienen como fin el mantenimiento de la misma en condiciones óptimas

Mantenimiento curativo o restauración: Refiere a las operaciones que se llevan a cabo con el fin de reparar una parte de la estructura que tenga lesiones menores.

Meteorización: Descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrosfera y la biosfera.

Minerales: Sustancia natural, homogénea, inorgánica, de composición química definida (dentro de ciertos límites). Posee una disposición ordenada de átomos de los elementos de que está compuesto, y esto da como resultado el desarrollo de superficies planas, conocidas como caras

Patología de la construcción: Ciencia que se encarga de estudiar los síntomas para determinar las causas de una lesión en una estructura.

Permeabilidad: Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Petrografía: Es la rama de la geología que se ocupa del estudio e investigación de las rocas, en especial en cuanto respecta a su aspecto descriptivo, su composición mineralógica y su estructura.

Plasticidad: Propiedad mecánica de los materiales naturales o artificiales, que sufren deformaciones permanentes e irreversibles cuando se encuentran sometidos a tensiones más allá de sus límites de elasticidad.

Procesos constructivos: Hace referencia al conjunto de procedimientos que se llevan a cabo durante el levantamiento de una obra.

Probeta: Pieza sometida a diversos ensayos mecánicos para estudiar la resistencia de un material

Rehabilitación: Es aquella acción constructiva o edificatoria que se realiza para mejorar algunas de las condiciones como seguridad estructural y constructiva, de protección contra humedades, entre otras.

Reparación: Todas aquellas acciones llevadas a cabo para mantener los materiales en una condición adecuada o los procesos para lograr esta condición. Incluyen acciones de inspección, comprobaciones, clasificación, reparación, etc

Resistencia mecánica: Capacidad de los materiales para soportar esfuerzos de tracción, compresión, torsión y flexión.

Roca: En geología se le denomina roca a la asociación de uno o varios minerales, natural, inorgánica, heterogénea, de composición química variable, sin forma geométrica determinada, como resultado de un proceso geológico definido.