



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS Y SU INFLUENCIA EN
UNA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LAS
EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO EN EL
DISTRITO DE JUAN GUERRA, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

ALVARADO FLORES, Fredy Luis

ESCUDERO PANDURO, Harold

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres, Fredy Alvarado Garazatúa y Rosmery Flores Meléndez, por sus sabios consejos y su amor incondicional, que me ayudaron a mantenerme firme en mi camino como estudiante, a Dios, que siempre confié y deposite mis anhelos en él y nunca me dejó solo, a mi Familia por estar siempre presente y darme todo el apoyo y la motivación para seguir adelante en mis proyectos, todos ustedes han hecho posible que pueda cumplir mis sueños.

Fredy Luis Alvarado Flores

Esta tesis dedico a mis padres, Walther Escudero Pinedo y Amanda Panduro Tenazoa quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente, a mi hermana Daira Escudero Panduro por estar siempre presente, todos ustedes me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Harold Escudero Panduro.

AGRADECIMIENTO

A mi querida madre, que fue el motivo, la razón de mi existencia, por los consejos, sus enseñanzas, su amor incondicional.

A mi padre, quien me alienta a seguir adelante a pesar de las adversidades, por sus consejos y confianza.

A la Universidad Científica del Perú por acogerme en su casa de estudios y a sus excelentes docentes quienes me brindaron los conocimientos necesarios para la Carrera Profesional de Ingeniería Civil Gracias.

A mi asesor por guiarme en este proceso de formulación y desarrollo de tesis, y por su esmero para culminar de manera exitosa.

A mis amigos que creyeron en mí y me brindaron toda su confianza y apoyo.

A mis Familiares que me apoyaron en los momentos más difíciles de la carrera.

Fredy Luis Alvarado Flores

A mi querida madre, que fue el motivo, la razón de mi existencia, por los consejos, sus enseñanzas, su amor incondicional, por todo cuanto he aprendido de ella en sus acciones.

A mi padre, quien me alienta a seguir adelante a pesar de las adversidades, por sus consejos y confianza.

A la Universidad Científica del Perú por acogerme en su casa de estudios y a sus excelentes docentes quienes me brindaron los conocimientos necesarios para la Carrera Profesional de Ingeniería Civil Gracias.

A mi asesor por guiarme en este proceso de formulación y desarrollo de tesis, y por su esmero para culminar de manera exitosa.

A mis amigos que creyeron en mí y me brindaron toda su confianza y apoyo.

A Dios por darme buena salud y vida para culminar mis estudios exitosamente.

Harold Escudero Panduro

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS Y SU INFLUENCIA EN UNA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LAS EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO EN EL DISTRITO DE JUAN GUERRA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN"

De los alumnos: **ALVARADO FLORES FREDY LUIS Y ESCUDERO PANDURO HAROLD**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **15% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 08 de Noviembre del 2021.









Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍA CIVIL_2021_TESIS_FREDYALVARADO_HAROLDESCUDERO_V1.pdf (D117572493)
Submitted	2021-11-05 15:53:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	15%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍA CIVIL_2021_TESIS_BILLYTENAZOA_WILDERSALDAÑA_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍA CIVIL_2021_TESIS_BILLYTENAZOA_WILDERSALDAÑA_V1.pdf (D98657522)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com</p>		83
W	<p>URL: http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/735/TESIS%20T036-47642903-Titulo%20Profesional%20de%20Ingeniero%20Civil.pdf?sequence=3&isAllowed=y Fetched: 2021-11-05 16:00:00</p>		19
SA	<p>TESIS completa para arkund.docx Document TESIS completa para arkund.docx (D27428562)</p>		2
SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_ING.CIVIL_2020_T_MILERPERES_V1.pdf Document UCP_ING.CIVIL_2020_T_MILERPERES_V1.pdf (D64735813)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com</p>		12
SA	<p>REVISIÓN huiza-samuel T1.docx Document REVISIÓN huiza-samuel T1.docx (D103526928)</p>		1
SA	<p>MONOGRAFIA PATOLOGIAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y ..docx Document MONOGRAFIA PATOLOGIAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y....docx (D110744409)</p>		2
SA	<p>TESIS NOE PRESENTAR FINAL CORREGIDA.docx Document TESIS NOE PRESENTAR FINAL CORREGIDA.docx (D29594909)</p>		1
W	<p>URL: https://www.researchgate.net/publication/323695062_EVALUACION_ESTRUCTURAL_DE_EDIFICIOS_DE_HORMIGON_ARMADO Fetched: 2021 11-05 16:00:00</p>		1

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 725-2021-UCP-FCEI del 22 de octubre del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|------------------------------------------|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 14:00 horas del día 16 de diciembre del 2021, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS Y SU INFLUENCIA EN UNA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LAS EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO EN EL DISTRITO DE JUAN GUERRA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN ”.**

Presentado por los sustentantes:

FREDY LUIS ALVARADO FLORES y HAROLD ESCUDERO PANDURO

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL.**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE QUINCE (15).**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 16 de diciembre del 2021 a las 02.00 p.m.



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VICTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	4
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Introducción.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	15
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	25
2.2 BASES TEÓRICAS	25
2.3 COMPARACIÓN TEÓRICA ENTRE DIFERENTES MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	70
2.4 MARCO CONCEPTUAL	78
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	86
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	86
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	86
3.2.1 PROBLEMA GENERAL	86
3.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	87
3.3 OBJETIVOS.....	87
3.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	87
3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	87
3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	87
3.5 HIPÓTESIS.....	88
3.5.1 HIPÓTESIS GENERAL	88
3.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	88
3.6 VARIABLES.....	89
3.6.1 Identificación de las variables	89
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	90
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	90
4.1.1 Tipo de Investigación	90
4.1.2 Diseño de Investigación	90

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	91
4.2.1 POBLACIÓN.....	91
4.2.2 MUESTRA	91
4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	91
4.3.1 Técnicas de Recolección de datos	91
4.3.2 Instrumento de Recolección de datos.....	91
4.3.3 Procedimiento de Recolección de Datos.....	91
4.3.4 Procesamiento, Análisis e Interpretación de los Datos.....	92
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
5.1 RECOPIACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES	93
5.2 INSPECCIÓN PRELIMINAR Y ANÁLISIS VISUAL	93
5.3 INSPECCIÓN GENERAL DE LAS VIVIENDAS	93
5.4 EXPLICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS FICHAS DE INSPECCION VISUAL	117
5.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CUADROS.....	117
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
5.1. CONCLUSIONES	125
5.2. RECOMENDACIONES	127
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Razones de uso del concreto armado	28
Figura 2: Durabilidad durante los distintos grupos de proceso en todo proyecto	
29Figura 3: Tipos de fisuras	40
Figura 4: Tipos de fisuras	41
Figura 5: Curva de retracción y entumecimiento	42
Figura 6: Casos frecuentes de fallas en estado plástico	43
Figura 7: Detalles de la evolución de una fisura de momento flector.....	45
Figura 8: Detalles de la evolución de una fisura de esfuerzo cortante.....	46
Figura 9: Fisuración por torsión	46
Figura 10: Fisuración por mala disposición de la armadura.....	47
Figura 11: Fisuración por corrosión de las armaduras	48
Figura 12: Fisuras por exceso de deformación.....	49
Figura 13: Fisuración por asientos excesivos	50
Figura 14: Tamaño de fisuración	51
Figura 15: Procedimiento para controlar las fisuras.....	53
Figura 16: Ataque por congelación de una losa	54
Figura 17: Ataques por Bases	55
Figura 18: Pérdida de sección de acero útil	57
Figura 19: Agentes que afectan la durabilidad del concreto armado	64
Figura 20: Principios básicos de transporte de fluidos en el concreto armado	66
Figura 21: Matriz de Diseño Pedológico	90
Figura 22: Resumen de Cuadro de Daños.....	121
Figura 23: Resumen del cuadro de edades de vivienda	122
Figura 24: Cuadro de existencia de humedad y fisuras	123
Figura 25: Elementos dañados	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los fallos de una edificación.....	37
Tabla 2: Clasificación por tamaño de abertura	51
Tabla 3: Tipología Causas Procesos Patológicos	72
Tabla 4: Clasificación de fisuras de acuerdo al ancho.....	82
Tabla 5: Resumen de Inspección Visual	119
Tabla 6: Cuadro de daños de vivienda.....	120
Tabla 7: Cuadro de edades de las viviendas.....	121
Tabla 8: Cuadro de existencia de humedad	122
Tabla 9: Cuadro de elementos dañados	124

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general determinar las patologías y su influencia en una propuesta de mantenimiento de las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de

San Martín, el cual plantea como problema la falta de unificación de criterios en los estudios de patología de la construcción en dicho distrito para la valoración del daño en edificaciones de concreto armado. Frente a esta situación, se propone como objetivo principal la elaboración de un protocolo para los estudios de patología de la construcción que genere un diagnóstico conclusivo en las edificaciones.

El crecimiento acelerado en el sector construcción trajo consigo el incremento de patologías en edificaciones de concreto armado, entre ellas la fisuración, que es la rotura producida al exceder la resistencia a tracción del material y que puede ocasionar desde pequeños daños y molestias para sus ocupantes hasta grandes fallas que conlleven al colapso parcial o total.

La importancia del estudio reside en la necesidad de generar un interés en el tema por parte de las entidades gubernamentales quienes son las encargadas de velar por el bienestar y seguridad de la comunidad, y quienes a la fecha no han ejecutado ninguna acción frente al tema. Para iniciar se realizó una visita a cada una de las instituciones educativas, utilizando la ficha técnica elaborada previamente, la cual indaga sobre los datos generales de la estructura, el sistema estructural y las patologías más comunes de una estructura.

Entre las conclusiones, tenemos las siguientes:

Nuestra investigación muestra casos que corresponden en mayor porcentaje, a la humedad un factor que afecta a la mayoría de las viviendas estudiadas, esto debido a que la zona es lluviosa y el concreto armado está expuesto al intemperismo. El siguiente daño que se observa con frecuencia son las fisuras y grietas generalmente en los muros, columnas y techos aligerados de las edificaciones, que son del tipo lineal y discontinua, que corresponden a fallas

Instantáneas y diferidas. En menor porcentaje tenemos daños tipo eflorescencia.

Los diferentes daños presentados en las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, que formó parte de nuestra investigación, como son la humedad, fisuras y grietas y la eflorescencia están ligadas a los procesos constructivos, ya que estas edificaciones, según declaración de sus propietarios, no han sido construidas ni supervisadas por profesionales relacionadas al ramo de la construcción, solo han participado en todo el proceso constructivo, personal de formación empírica (maestros de obra).

Los profesionales no participaron en la construcción y supervisión de las edificaciones en el distrito de Juan Guerra, esto implica la falencia en la ejecución de estas, que están relacionadas con dos aspectos fundamentales para nuestro caso, como son la no aplicación del Reglamento Nacional de Construcciones y el inexistente control de calidad de los materiales que se supone deben realizar los profesionales a cargo del proyecto.

Finalmente se concluye que es factible adaptar y aplicar estas técnicas a la realidad peruana para reparar elementos de concreto armado y estos mantengan su forma original, calidad y características de servicio frente a las solicitudes inherentes a las que se ven sometidas.

Palabras claves: Patologías, mantenimiento de edificaciones, fisuración, concreto armado, reparación, grietas, sostenibilidad.

ABSTRACT

The general objective of this research is to determine the pathologies and their relationship with a proposal for the maintenance of reinforced concrete buildings in the district of Juan Guerra, province, and department of San Martín, which raises as a problem the lack of unification of criteria in construction pathology studies in said district for the assessment of damage in reinforced concrete buildings. Faced with this situation, the main objective is to develop a protocol for construction pathology studies that generates a conclusive diagnosis in buildings.

The accelerated growth in the construction sector brought with it an increase in pathologies in reinforced concrete buildings, including cracking, which is the breakage produced by exceeding the tensile strength of the material and which can cause from small damages and annoyances for its occupants to large failures that lead to partial or total collapse.

The importance of the study resides in the need to generate an interest in the subject on the part of government entities who oversee ensuring the well-being and safety of the community, and who to date have not taken any action on the subject. To begin, a visit was made to each of the educational institutions, using the previously prepared technical sheet, which inquires about the general data of the structure, the structural system, and the most common pathologies of a structure.

Among the conclusions, we have the following:

Our research shows cases that correspond in a higher percentage to humidity, a factor that affects most of the homes studied, this because the area is rainy, and the reinforced concrete is exposed to bad weather. The next frequently observed damage are fissures and cracks generally in the walls, columns, and lightened ceilings of buildings, which are of the linear and discontinuous type, corresponding to instantaneous and delayed failures. In a lower percentage we have efflorescence type damage.

The different damages presented in the reinforced concrete buildings in the Juan Guerra district, which formed part of our investigation, such as humidity, fissures and cracks and efflorescence are linked to the construction processes, since these buildings, according to the statement of its owners have not been built or supervised by professionals related to the construction industry, only empirical training personnel (master builders) have participated in the entire construction process.

The professionals did not participate in the construction and supervision of the buildings in the Juan Guerra district, this implies the failure in the execution of these, which are related to two fundamental aspects for our case, such as the non-application of the National Construction Regulation and the non-existent quality control of the materials that the professionals in charge of the project are supposed to carry out.

Finally, it is concluded that it is feasible to adapt and apply these techniques to the Peruvian reality to repair reinforced concrete elements and these maintain their original shape, quality, and service characteristics in the face of the inherent stresses to which they are subjected.

Keywords: Pathologies, building maintenance, cracking, reinforced concrete, repair, cracks, sustainability.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Las estructuras de concreto armado poseen un papel dominante en el desarrollo de la construcción y supera con gran ventaja otras alternativas tales como la madera, el acero o la albañilería. Sin embargo, el concreto armado es susceptible a sufrir fisuración durante su vida de servicio, frente a este hecho nace la necesidad de encontrar soluciones para mantener la edificación durable, segura y cuidar la estética de este. (Calderón 2008). Las fisuras causan inquietud en los usuarios quienes, al no tener conocimiento técnico al respecto, optan por acudir a una empresa de soluciones constructivas o interponen una demanda a la constructora o inmobiliaria: algunos procesos culminan en conciliación, pago de reparación civil y otros tienen que ser solucionados por cuenta del usuario.

La motivación de la inspección y reconocimiento de una estructura puede estar determinada por la necesidad de comprobar ciertas características asociadas a procesos patológicos en donde se presentan dudas sobre su funcionalidad, seguridad o durabilidad. De esta manera, es necesario establecer los procesos de reconocimiento donde se determinen las causas de los daños que originan las lesiones, a través de los procedimientos para su correcta intervención. Sin embargo, en Colombia no existe un protocolo que unifique criterios para la valoración del daño y diagnóstico adecuado en edificaciones de concreto reforzado en estudios de patología de la construcción.

Los referentes teóricos y metodológicos para estos estudios se encuentran a nivel internacional, los cuales establecen diferentes procedimientos que responden a diseños y sistemas constructivos propios que dependen de las normas que los regulan. Por tal motivo, es necesario unificar criterios para orientar la práctica de los especialistas de la patología de la construcción en el Perú, considerando que la única norma que regula los procesos de evaluación del Reglamento de Construcción Sismo Resistente –NSR10, que establece los

criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes. Lineamientos que no son lo suficientemente amplios para proporcionar las herramientas técnicas que intervienen en una correcta interpretación de la valoración del daño en las edificaciones de concreto reforzado y de su intervención.

En este sentido, existe la necesidad de realizar estudios de patología de la construcción con unos procedimientos claros y sistemáticos que permitan hacer diagnósticos apropiados, considerando que en Perú existen más de trescientos profesionales especializados en patología de la construcción que no cuentan con una norma para realizar estudios de patología en edificaciones, si bien es cierto, existen diferentes experiencias en la práctica profesional de la ingeniería que han permitido implementar metodologías para elaborar un diagnóstico del estado de las edificaciones y realizar recomendaciones de actuación, es importante contar con un documento que sirva de guía para la valoración del daño y estipule el perfil profesional que garantice el manejo y aplicación de los conceptos y conocimientos tecnológicos, de tal manera que permita realizar rigurosos estudios de las deficiencias técnicas en la edificación inspeccionada.

Es de tener en cuenta que, por ser una identificación visual, no se realizarán pruebas de laboratorio; por lo tanto, la inspección no arrojará datos exactos sino una aproximación al tipo de problema y las posibles causas para con estas tomar una decisión definitiva.

Por último, se presentan las conclusiones de la investigación y las recomendaciones para la intervención o el mantenimiento óptimo de las estructuras.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En el presente capítulo tenemos antecedentes investigados a nivel internacional, nacional y local.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Martínez, Lorena (2016). En su tesis “**Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del hormigón elaborado con diferentes marcas de cemento portland**”, para optar el título de ingeniería civil en la Universidad Técnica de Ambato, en cuya investigación, describe el planteamiento del problema utilizando las marcas de cementos Pórtland como son:

Sol, Holcim, Chimborazo y Selvalegre, para la elaboración de concretos considerándolo como actividad cotidiana en la construcción de obras civiles, formulándose como objetivo realizar un análisis comparativo de la edad vs. la resistencia a la compresión del concreto elaborado. Permitiendo que con los ensayos de laboratorio llegar a los resultados estadísticos a la compresión simple, a los 7, 14 y 28 días. Concluye que conforme el tiempo varíe en la rotura de probetas, se observa la variación estadística en forma ascendente de la resistencia del concreto según las marcas de cemento y manifiesta que para edades mayores a los 28 días la mayor resistencia fue obtenida del concreto elaborado con el cemento Chimborazo y recomienda que se debe respetar la relación agua cemento para el diseño de mezclas y la pericia al realizar cada ensayo. (Martínez, L. 2016).

En nuestra investigación se considera tomar en cuenta los resultados obtenidos como parámetros de control, para evaluar la resistencia de los concretos elaborados con los cementos comerciales y de uso masivo en la construcción en la ciudad de Tarapoto, teniendo como antecedente la

variación y diferencia de los valores de la resistencia de cada uno de los concretos elaborados con cada uno de los cementos. (Martínez, L. 2016).

El cemento Pórtland a través del tiempo y patentado en 1824, ha sido el más usado en la elaboración del concreto para todo tipo de elementos estructurales en todo el mundo, en todos los climas, pero debemos tener la pericia y la técnica necesaria, esto permite establecer un permanente desafío de los ingenieros y de su incansable aprendizaje en busca del desarrollo del conocimiento para alcanzar su objetivo, eso conlleva a un permanente perfeccionamiento y desarrollo de la ciencia. (Rivva, E. 2013).

- ✿ **Cortes y Perilla, (2014).** En su tesis titulada “**Estudio Comparativo de las características físico – mecánicas de cuatro cementos portland tipo I**” para optar el título de ingeniería civil de la Universidad Militar de Granada, tiene como problemática la variedad de cementos en el mercado de Colombia que debido a esto se presenta la necesidad de conocer la marca de mejor calidad para el constructor por lo que tiene como objetivo evaluar y caracterizar cuatro marcas de cementos portland tipo I (Tequendama, Argos, Holcim y Cemex) por medio de los ensayos físicos y mecánicos cumpliendo con la norma técnica colombiana (NTC), concluyendo que con los ensayos realizados en laboratorio sus componentes físico – mecánicos se identificó que existe relación entre la finura y el desarrollo de resistencia del cemento por lo que se puede decir que la influencia de la finura repercute en las edades tempranas y no necesariamente a edades mayores, se recomienda completar el estudio de comportamiento de varios cementos al ser parte de una mezcla de concreto, la prioridad es analizar la finura de los cementos utilizados y comprobar de qué manera influye en la resistencia a la compresión del concreto. (Cortes y Perilla, 2014).

Es importante hacer uso de esta investigación porque, considera que se debe tomar en cuenta que conforme se desarrolla la mayor resistencia, ésta estaría influenciada por la superficie específica (finura) de cada uno de los concretos estaría repercutiendo en la fragua temprana (Cortes y Perilla. 2014).

El cemento usado como aglutinante de las partículas de agregado (grueso y fino) y que permite la selección de las proporciones de la mezcla de la pasta de concreto, siguiendo una metodología, es necesario conocer sus propiedades, empleo en obra y lugar donde se desarrolla; especialmente, se debe conocer el tipo y marca, peso específico, superficie específica entre otras que intervienen en el diseño y uso posterior en la construcción. Los valores de las propiedades deben ser determinadas en el laboratorio. (Rivva, E. 2013).

- ✿ **Bermúdez y Cadena (2015)** en su investigación titulada **“Correlación entre la resistencia al esfuerzo de compresión y tracción del hormigón, utilizando agregados de las canteras de Pífo y San Antonio, cemento Holcim tipo GU”**, concluyen que: Se afirma entonces que a mayor resistencia a compresión del hormigón, menor es su porcentaje de resistencia a la tracción debido a la rigidez que presenta los hormigones considerados de alta resistencia, misma rigidez que se la comprueba con la aplicación de las pruebas de resistencia a la compresión donde a medida que aumenta la resistencia la falla del espécimen es más brusca o explosiva, dicha rigidez le resta plasticidad al hormigón endurecido si cabe el término y por ende una disminución en su resistencia a la tracción demostrado en la aplicación de ensayos a resistencias desde los 14MPa hasta los 35MPa.
- ✿ **Guaminga y Paucar (2012)** en su investigación titulada **“Estudio comparativo de la reactividad álcali – agregado entre hormigones fabricados con cemento tipo HE y hormigones fabricados con cemento tipo IP, en combinación con agregados de la zona de El Chontal – Ecuador”**, concluyen que: De acuerdo a la norma ASTM C 1260, la cual indica que si las barras experimentan expansiones menores que el 0.1%, se considera como agregado inócuo (no produce daño), si sobrepasan el 0.2% serán potencialmente reactivos, y se encuentran entre el 0.1% y 0.2% será considerado en transición, para lo cual se deberá tomar lecturas hasta los 28 días. En el caso de las barras elaboradas con

granodiorita y cemento tipo IP-GU se obtuvo el 0,027 % de expansión, por lo tanto, es considerado como inócuo; en tanto que, para las barras elaboradas con granodiorita y cemento tipo HE se obtuvo el 0,140 % de expansión de manera que se procedió a tomar lecturas hasta los 28 días y se obtuvo el 0,219 % de expansión y por tanto son consideradas como potencialmente reactivas.

- ✿ Tesis del autor: **Marcela Alejandra Muñoz Ojeda**, titulada: **“Patologías en la Edificación de Viviendas sociales, especialmente con la humedad”**, de la Universidad Austral de Chile - 2004, presenta las siguientes conclusiones:

En la actualidad, las poblaciones han ido quedando atrás, hoy se construyen viviendas sociales en condominios y villas; concepto que implica vivir en común, compartir espacios comunes, compartir desde la caja de escala al patio, al jardín, a la plaza, generándose una serie de deberes y obligaciones para responder a una vida en sociedad.

Para una familia ya no basta con que la casa sea grata, sino que al salir al espacio circundante o al exterior de esta, debe sentir agrado o apego absoluto al lugar. Por ello es por lo que se debe exigir y preparar a los futuros propietarios a vivir en comunidad concienciándolos de los deberes y obligaciones que esto arrastra.

Una familia que adquiere una Vivienda Básica debe asumir que esta, como cualquiera otra, sufre un proceso de deterioro paulatino o pronunciado dependiendo de las condiciones a las cuales sea sometida, a su construcción, materiales e instalaciones ejecutadas en ella. El Minvu, año tras año, ha buscado mejorar las políticas habitacionales referidas a las Viviendas Básicas pero, sin duda que ha incrementado su interés por algunos lineamientos, tales como: promover la industrialización de viviendas sociales, mejorar la calidad con relación a una serie de estándares (terminaciones, tamaño, diversidad, materiales), certificación de calidad de las obras y de los materiales pero, sin otorgar énfasis a temas

como la inspección de las edificaciones y el mantenimiento constante, cuando la vivienda ha superado un período de vida útil.

(Fernández & Howland, 2017) En la Habana (Cuba) realizaron estudios para identificar las deficiencias del comportamiento del concreto al utilizar diferentes marcas de cemento, por lo que analizaron sus propiedades tanto en estado fresco (obras en ejecución) como en estado endurecido (ensayos de laboratorio) lo que les permite comparar su comportamiento, variando los materiales que lo componen.

(Figuroa & Palacio, 2015) En todo el mundo, al igual que en Colombia, el concreto arquitectónico se utiliza en grandes proporciones debido a sus condiciones estructurales y estéticas. Por lo que se estudia la consolidación de varias marcas de cemento portland en el mercado, cada uno fabricado con sus propios procesos industriales y parámetros de calidad para cumplir con las especificaciones de las normas, además de su comportamiento ante el concreto, para así mejorar la calidad de las estructuras.

(Tobón, Restrepo, & Payá, 2015) Cada vez más a los materiales de construcción se requiere un mejor desempeño en cuanto a su comportamiento ante el concreto, la cual el cemento es uno de los elementos más estudiados; hoy en día se busca que este aglomerante permita obtener resistencias mecánicas elevadas, ya sea para el uso en la construcción de edificios altos en zonas congestionadas (estructuras esbeltas), especialmente en ciudades donde el aumento demográfico incrementa exorbitantemente, es por ello que se analiza el desempeño del cemento en diferentes condiciones estructurales y en ocasiones agregando materiales no muy comunes en el campo de la construcción.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Acevedo y Martínez, (2017). En su tesis titulada “**Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento Nacional” comparado con el concreto dosificado con cemento Sol**” de

la Universidad San Martín de Porres – Lima, describe la consolidación de varias marcas de cemento Portland en el mercado, cada uno fabricado con sus propios procesos industriales y parámetros de calidad para cumplir con las especificaciones de la norma técnica peruana (NTP 334.009); por lo que, tiene como objetivo comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado tanto con cemento "Nacional" y cemento "Sol", para determinar su desempeño, a través de ensayos de laboratorio, concluyendo en que las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento "Nacional" es mejor que el concreto dosificado con cemento "Sol" en los ensayos de consistencia, contenido de aire, fragua, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión diametral, excepto en el ensayo de temperatura. (Acevedo y Martínez, 2017).

En nuestra investigación se tendrá en cuenta la realización de ensayos de materiales y los diseños de mezcla para obtener una dosificación de materiales según sus características, los trabajos técnicos estarán basados en la metodología implementada por el ACI, en el análisis de cada uno de los cementos propuestos y de uso comercial en nuestra región San Martín. (Acevedo y Martínez, 2017).

- ✿ **Gallo y Saavedra, (2015).** En su tesis **“Análisis comparativo del comportamiento de los concretos utilizando cemento blanco Tolteca y cemento gris Sol”** para optar el título de ingeniería civil de la Universidad San Martín de Porres – Lima, el objetivo fue realizar el análisis comparativo de los concretos utilizando cemento Blanco Tolteca y cemento Gris Sol, para determinar sus propiedades en estado fresco y endurecido. Concluyendo que el comportamiento del concreto con cemento blanco tolteca es mejor que al de concreto con cemento gris Sol en consistencia, compacidad, peso unitario, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y trabajabilidad, excepto en el contenido de aire, temperatura y tiempo de fraguado, se recomienda que el cemento blanco tolteca se emplee si se desea mayor adaptación al encofrado, mejor comportamiento

a la consolidación y fácil manejo para operaciones de transporte, colocación y acabado del concreto y además en climas de baja temperatura por tener mejor respuesta frente a los ciclos de hielo y deshielo, la prioridad es que el concreto tiene diferentes propiedades, lo que significa que no solo se considerará el mejor aglomerante al que tenga la mayor resistencia a la compresión. (Gallo y Saavedra, 2015).

Por lo que tiene gran importancia que también se verifique las propiedades de los materiales pétreos y del concreto para ser utilizado en los requerimientos técnicos de los proyectos y su verificación de la calidad. (Gallo y Saavedra, 2015).

Chunga y Hugo, (2016). En su tesis titulada “**Evaluación de la calidad del concreto a usar en construcciones informales en la ciudad de Pimentel**” para optar el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque, tiene como problemática evaluar el grado de calidad del concreto que se utiliza en obras convencionales de la ciudad de Pimentel Chiclayo Lambayeque, centrándose en elementos estructurales como vigas, columnas, losas y zapatas. Siendo el objetivo de diagnosticar el revenimiento y la resistencia a la compresión del concreto utilizadas en obras informales de la ciudad de Pimentel. Concluyendo que el concreto utilizado en dichas construcciones no cumple con los requisitos de calidad mínimos que emite el Instituto americano del concreto, así como también las normas plasmadas en el Reglamento nacional de edificaciones. (Chunga y Hugo, 2016).

En la actualidad, en nuestra ciudad se observa de grandes a pequeñas construcciones que se necesita investigar las dosificaciones realizadas en obra haciendo un diagnóstico previo con ensayos de laboratorio, la calidad de los concretos con la utilización de los cementos de uso comercial, para verificar luego si cumple con las resistencias mínimas especificadas por las normas y reglamentos actuales, la prioridad es relacionar nuestra investigación con elementos estructurales estudiados en esta tesis y

analizar en qué aspectos del concreto se tiene deficiencias. (Chunga y Hugo, 2016).

Arauca, (2010). En su tesis titulada “**Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento de la República Dominicana Quisqueya portland tipo I**” para optar el título de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, analiza la problemática del traslado del cemento Quisqueya a nuestro país y además la competencia de éste con los cementos nacionales. Siendo el objeto principal la evaluación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento Quisqueya (Cemex) de acuerdo con las Normas Técnicas peruanas y compararlo con los cementos nacionales. Concluyendo que, en las propiedades de compresión, tracción, módulo elástico el cemento Quisqueya es superior a los cementos nacionales con excepción de la exudación que es menor. (Arauca, 2010). Por lo tanto, los directivos de la producción del Cemento Sol han tenido que verse obligado a innovar y mejorar su producto para poder competir con este nuevo cemento, la importancia es que se observa el compromiso de la mejora continua de la competitividad entre las industrias del cemento, viéndose reflejado en la calidad del producto y generando permanentemente la investigación de sus propiedades mecánicas, de interés para los ingenieros y constructores. (Arauca, 2010).

Villegas y Corrales (2013) en su investigación titulada “**Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y Topex- concreto listo, Huaraz-2013**”, concluyen que: “Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm², empleando cemento Quisqueya se logra la mayor resistencia que es de 414.78 kg/cm² y empleando topex-concreto listo la menor resistencia que es de 211.03 kg/cm², en el periodo de 28 días.”

Hoyos (2014) en su investigación titulada “**Estudio de los agregados de cantera Ccruce Chanango de la ciudad de Jaén - Cajamarca, para su**

uso en la elaboración de concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ ", concluye que: "Luego de realizar los diseños de mezclas con las relaciones agua cemento ($a/c=0.50$, $a/c=0.55$, $a/c=0.60$), hemos podido concluir que la relación agua cemento más apropiada para la fabricación de concreto con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con los agregados de la Cantera Cruce Chanango, es de $A/C = 0.54$."

Tesis de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote – Chimbote - Perú, de la tesis con su Autor: **Eduardo Antonio Saldaña Cortez**, Titulada: **"Determinación y Evaluación de las Patologías del Concreto Armado en Vigas, Columnas y Muro de Albañilería del Mercado Buenos Aires, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Región Áncash, Septiembre 2016"**, que llegan a las siguientes conclusiones: Partiendo de los tres objetivos específicos se concluye lo siguiente.

- 1) Se identificó que el área afectada tiene un total de 27.28%, mientras que el área no afectada fue de 72.72%. Así mismo se identificó 6 patologías del concreto, erosión, grietas, fisuras, desprendimiento, eflorescencia y corrosión.
- 2) Se analizó las patologías en vigas, columnas y muros de albañilería de la edificación obteniendo como resultados que la erosión presenta el 0.77% del área total observada, las grietas el 2.12%, las fisuras el 1.66%, el desprendimiento el 1.29%, la eflorescencia el 20.47 % y la corrosión 0.98%. De lo anterior se obtuvo que la patología predominante es la eflorescencia con un 20.47% con un nivel de severidad media.
- 3) El nivel de severidad de la muestra que comprenden vigas, columnas y muros de albañilería confinada es de nivel media, siendo la patología más perjudicial a corto plazo la corrosión en el caso de vigas estructurales, y a largo plazo la eflorescencia en las vigas estructurales, en las columnas la patología más perjudicial es la corrosión, y en el muro de albañilería la patología más perjudicial es la eflorescencia. Así mismo la ficha 5, 7, 18,

19, 20, 21 y 22 presentan corrosión el cual es una patología que debilita la resistencia de la estructura.

(Bazán, 2017) En Santiago de Surco (Lima) se realizó un estudio para mejorar problemas estructurales de la cual nos mencionan que el control, la revisión y calidad de un proyecto en cada una de sus fases es la base para evitar posibles daños en la estructura, pero en muchas ocasiones, debido a la complejidad de un proyecto de edificación o la ubicación de esta, no se toman en cuenta situaciones que trae consigo problemas estructurales de la futura edificación, de ello es lógico que con el paso del tiempo también afecte notoriamente los elementos estructurales (columnas, vigas, placas, etc.), por lo que se realiza diferentes estudios sobre los elementos que componen el concreto y entre ellos, el componente principal, es decir comparar varias marcas de cemento utilizadas en el mercado y escoger según la necesidad de proyecto, que aglomerante tiene mejor comportamiento en los elementos estructurales.

(Vega, 2015) El colegio de ingenieros del Perú, sede Tacna, denunció sobre la presencia de cemento con especificaciones técnicas deficientes procedente de Chile, la cual habría ingresado por Tacna para la venta en el mercado local, dicho material no presenta ninguna Norma Técnica Peruana y más aun no señala que tipo de cemento, generando confusión en los usuarios, ya que no se sabría con exactitud para qué tipo de estructura será utilizada. También los análisis fisicoquímicos que se realizaron al aglomerante arrojaron fallas en cuanto a resistencia y fraguado.

(Medina & Blanco, 2011) En el país se realizan estudios para obtener un concreto de buena calidad, teniendo como incógnita mejorar las propiedades del concreto y la marca de cemento a usar ya que en años recientes está ganando popularidad la construcción de edificaciones de uso común, tratando de trabajar con materiales óptimos o de acuerdo a reglamentos, además que su dosificación sea la correcta y la consideración en cómo realizar su mezclado, el acarreo, su vaciado, la compactación y el curado. Todas estas fases influirán notoriamente en la producción del

concreto, si uno de estos pasos se realiza anti técnicamente, pues se obtendrá un material de baja calidad, afectando gravemente al desempeño de la estructura en conjunto.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

En el año 2019 Pérez Tapia Miler, Paredes Chilcón Johnny Reynhold, en su investigación, **Análisis de Patologías y su relación con la Calidad de las Edificaciones de Concreto Armado en la Ciudad de Tarapoto, Provincia y Departamento de San Martín – 2019**, manifiesta que los diferentes daños presentados en las edificaciones de concreto armado en la ciudad de Tarapoto, que formó parte de nuestra investigación, como son la humedad, las fisuras y grietas, corrosión, la eflorescencia y concreto fofo, están ligadas a los procesos constructivos, ya que estas edificaciones, según declaración de sus propietarios, no han sido construidas ni supervisadas por profesionales relacionadas al ramo de la construcción, solo han participado en todo el proceso constructivo, personal de formación empírica (maestros de obra).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 PATOLOGÍA DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO

En el umbral de un nuevo siglo no se comprende cómo a pesar del desarrollo de las tecnologías constructivas, del conocimiento del comportamiento de los materiales, aparezcan tan rutinariamente fallas y daños en las edificaciones, como si fuéramos incapaces de construir adecuadamente. Por supuesto que es tan grande el volumen de obras ejecutadas a un ritmo extraordinario y de tal complejidad que la aparición de errores en el proyecto, diseño o en la construcción, obliga a emprender una gran cruzada de concientización sobre el particular, contando para ello con la colaboración de todos los profesionales vinculados al sector de la construcción.

Cada día se aprecia el interés profesional sobre el tema de la Patología Estructural motivados por el creciente número de daños, mal funcionamiento,

intervenciones normativas o deterioro por el simple paso del tiempo. Crece también el interés por conocer métodos y técnicas que puedan emplearse de manera segura, en el tratamiento de problemas en las edificaciones ante el creciente número de daños que no sería preocupante si ellos aparecieran en edificaciones construidas hace bastantes años, no así cuando conocemos que tales anomalías se ven en construcciones nuevas y en algunos casos cuando aún no se han dado al servicio.

En los últimos cincuenta años, las exigencias en la edificación han pasado de la seguridad a la habitabilidad y finalmente a la durabilidad.

2.2.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL CONCRETO

Las civilizaciones buscaban construir con materiales duraderos y ello les permitió descubrir distintos materiales; sin embargo, durante el Imperio Romano el uso de concreto, como material de construcción, alcanzó un grado de satisfacción inigualable. Este material fue utilizado tanto en grandes como en pequeñas estructuras que han probado ser muy duraderos con el pasar de los años (Simonnet 2009).

El concreto de cemento Portland ha probado ser un material de construcción superior. Desde inicios del empleo del concreto, a mediados del siglo XIX, los edificios, las obras de arte, las carreteras, los canales, las presas entre otras construcciones civiles en concreto simple, armado o pretensado han resistido las más variadas sobrecargas y acciones del medio ambiente en el que se encuentran en servicio (Medina 2009; Sánchez 2001).

El concreto contemporáneo, el del siglo XXI, se divide entre dos usos que le proporcionan un carácter de modernidad en el empleo en obras de ingeniería civil: el primero es química y mecánica; el segundo esencialmente de textura. Por ello, cada día tiene más futuro, en la actualidad sabemos producirlo tan fino como placas de metal, traslucido e incluso ciertos diseñadores se aventuran a realizar mobiliario (Simonnet 2009).

No obstante, hay construcciones que presentan manifestaciones patológicas de diversa intensidad e incidencia, las cuales pueden comprometer el aspecto estético y en la mayoría de los casos, reducir la capacidad resistente. Ante estas manifestaciones patológicas se observa en general una actitud inconsciente, que conduce en unos casos a simples reparaciones superficiales y en otros a demoliciones y refuerzos injustificados; ninguno de estos extremos es recomendable, principalmente hoy en día con tanto conocimiento tecnológico, gran variedad de sistemas y técnicas desarrolladas. En términos generales el concreto puede ser considerado un material prácticamente eterno siempre y cuando reciba un mantenimiento sistemático y programado.

2.2.3 CONCRETO ARMADO

El concreto está formado esencialmente mezclando cemento portland (indicador del color y de las características estructurales de la superficie), con arena, piedra triturada, agua y eventuales aditivos (fluidificantes y superfluidificantes), acorde a la Norma del American Society for Testing and Materials, ASTM C125, y en el comité 116R del American Concrete Institute (ACI), que modifican una o más propiedades.

En comparación con otros materiales de ingeniería como acero, plástico y cerámica, la microestructura del hormigón no es una propiedad estática del material. La razón está en que dos de los tres componentes de la microestructura: pasta de cemento y la zona de transición interfacial entre agregado y la pasta de cemento cambian con el tiempo. De hecho, la palabra concreto proviene del término latín *concretus*, que significa crecer (Metha y Monteiro 2013).

Las acciones ambientales sobre las estructuras de concreto están relacionadas con el entorno donde se encuentra ubicada la construcción y la interacción con el medio circundante. Al manifestarse patologías, es aconsejable poner las estructuras bajo vigilancia con el fin de actuar antes de que la enfermedad continúe con su proceso evolutivo, que puedan llevar a la estructura a un estado límite.

El concreto armado se ha convertido en el material más utilizado en el sector construcción, la resistencia a la compresión que ofrece, depende del volumen de los productos de hidratación del cemento que continúan formando durante varios años, lo que resulta en una mejora gradual de la resistencia combinado con las excelentes propiedades mecánicas del acero lo hacen el material compuesto ideal para aplicaciones estructurales.

Figura 1: Razones de uso del concreto armado



Fuente: Harmsen 2005

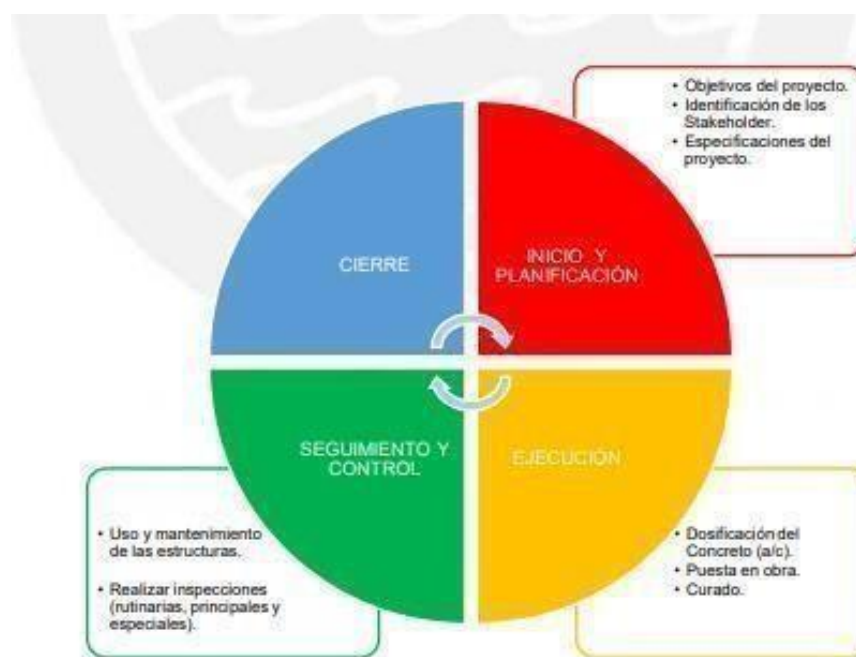
2.2.4 DURABILIDAD

Según la ACI 201, la durabilidad del concreto de cemento portland hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción del clima (meteorización, la desintegración), a los ataques químicos, a la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro durante su ciclo de vida. En otras palabras, un concreto durable debe mantener su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a su entorno previsto.

Es evidente que una estructura deba mantener adecuadas condiciones de servicio, por ello desde el periodo de diseño debe estar adecuadamente proyectada y construida, utilizando los materiales adecuados. Es fundamental un detallado estudio durante la etapa de proyecto de las cargas actuantes sobre la estructura y de las condiciones a la que estará expuesta, incluyendo dentro de ellas la erosión, la acción del ambiente, el ataque químico y todos aquellos procesos que conlleven al deterioro que puedan afectar el concreto y/o la armadura (Metha y Monteiro 2013).

Para obtener estructuras durables se debe tomar acción durante los distintos grupos de procesos que comprende todo proyecto (Lledó 2013), como se muestra en la Figura 2:

Figura 2: Durabilidad durante los distintos grupos de proceso en todo proyecto



Fuente: Lledó 2013

2.2.5 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Es indispensable la idea de vulnerabilidad en las estructuras si se va a abarcar el concepto de patología estructural. Según Bonnet (2003), la vulnerabilidad

sísmica de una estructura se define como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño. La vulnerabilidad de las estructuras se suele manifestar a través de patologías de las edificaciones ocasionando numerosos efectos, desde pequeños daños hasta grandes deformaciones que pueden repercutir en el colapso de la estructura o al menos en una parte de ella.

La vulnerabilidad sísmica se puede realizar a muchas partes de la estructura, entre las cuales sobresalen:

- ✿ Elementos Estructurales

- ✿ Elementos no estructurales

2.2.6 PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES

Es el estudio de las enfermedades como procesos anormales de causas conocidas o desconocidas. Para probar la existencia de una enfermedad, se examina la existencia de una lesión en sus niveles estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las estructuras, encontrando así una definición acertada de patología estructural. Se entiende, entonces, por patología estructural como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición.

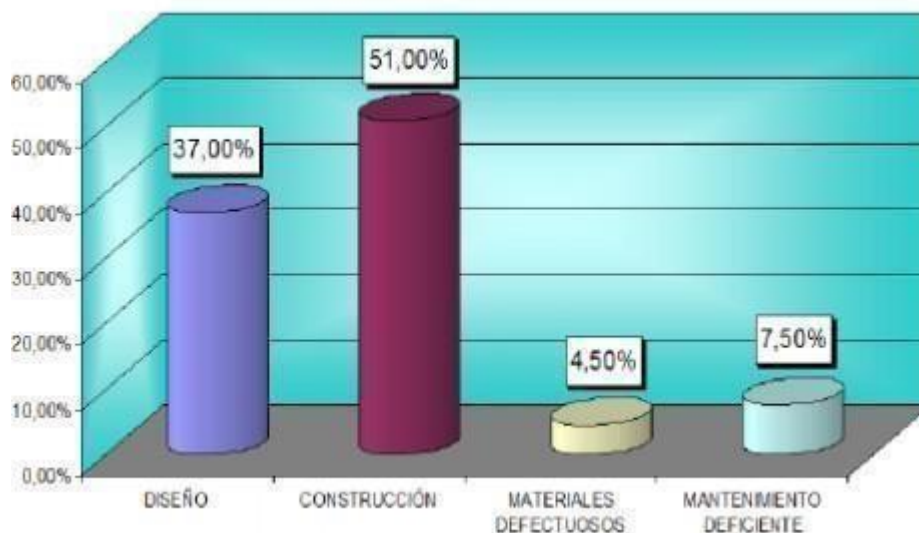
Difícilmente se logra determinar de manera concreta el motivo de los daños aparentes que poseen las estructuras debido a que la diversidad de patologías es infinita. Cada patología muestra rasgos únicos y posibles causas que incluso para un experto es difícil predecir con certeza.

- ✿ Las patologías que aparecen por Defectos son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura. Pueden ser causadas por un mal diseño, una errada configuración estructural, una

construcción mal elaborada o materiales de calidad deficiente que no cumplen especificaciones de la NTC.

- Las patologías originadas por Daños son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza externa a la edificación. Los daños pueden ser causados por un fenómeno natural, como un sismo, inundación, deslizamiento de tierras, entre otros. Aunque otro motivo posible podría ser el caso en el que la estructura se viera obligada a soportar una carga para la cual no fue diseñada.
- El tercer motivo de patologías puede ser el Deterioro, generalmente se diseñan para que funcionen durante una vida útil, pero con el transcurrir del tiempo, la estructura presenta daños que deberán ser atendidas de manera inmediata. Una estructura puede estar debilitándose o en proceso de deterioro cuando se ven expuestas a la intemperie, al contacto con sustancias químicas presentes en el agua o en el aire.

Figura 3: Patologías del concreto y el acero



Fuente: Paterson 2009

Según la gráfica anterior, el autor de patologías estructurales Paterson, declara que el mayor porcentaje de causas para el deterioro de las estructuras son los procesos constructivos llevados a cabo en toda obra. Es probable que en la

construcción de las instituciones educativas clasificadas según la NSR-1010 como edificaciones indispensables clasificadas en el grupo III, las cuales comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud y seguridad de las personas, se vea igualmente comprometida en errores básicos de construcción que podrán causar los deterioros en las estructuras.

Las fases de diseño y construcción son cruciales en la permanencia, durabilidad y conservación de la edificación durante su vida útil, son fases determinantes en el comportamiento de la estructura cuando se somete a fuerzas externas, ya sean sismos o cualquier otra carga imprevista.

2.2.7 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Abarcando las patologías se hace una reflexión propia y necesaria acerca de la seguridad estructural. El atributo de seguridad, sin duda, es el más importante de los que debe poseer una estructura, la excelencia en funcionalidad, economía o estética nunca podrían compensar la pérdida de una vida humana como consecuencia del eventual colapso en una edificación.

2.2.8 ¿QUE ES LA PATOLOGÍA?

Aparentemente definir la Patología Estructural representa una intromisión en otras áreas del conocimiento, pero para una mejor comprensión conceptual de ella haremos un símil con las ciencias médicas. No es a partir de las personas sanas que se hace la docencia y práctica médica sino frente a quien padece una dolencia, por lo que evaluando su cuadro clínico se hace el diagnóstico, se formulan estrategias y se dan pautas para su solución. Algo similar ocurre con las edificaciones cuando a partir de los daños que manifiesten, se formulan procesos de intervención y se crean metodologías para evitar que tales hechos se repitan en las nuevas obras.

Definiremos entonces la Patología estructural como la ciencia dedicada al estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas que se presentan en las edificaciones, analizando el origen o las causas y consecuencias de ellos para

que, mediante la formulación de procesos, se generen las medidas correctivas para lograr recuperar las condiciones de desempeño de la estructura. Algunos autores muestran su desacuerdo por el término "patología", considerando más acertados los términos de Reparación y Mantenimiento.

Los problemas patológicos en estructuras de concreto armado no son nuevos ya que empiezan a presentarse al aparecer el propio material. Por tanto, de manera sintetizada revisaremos algunos conceptos que nos permitirán entender mejor las diversas patologías del concreto y de sus componentes.

2.2.9 PATOLOGÍA DE LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS DEL CONCRETO

El concreto tiene 4 componentes básicos como son el cemento, áridos, agua y aditivos, y cada uno de ellos puede presentar problemas específicos.

- ✿ **Cemento:** El cemento presenta diversas patologías, las cuales mencionaremos a continuación de manera sintetizada, a fin de tener una visión general de los problemas patológicos que puede presentar únicamente el cemento como componente del concreto.
- ✿ **Áridos:** Los áridos constituyen entre el 70 y el 80% del volumen total del concreto y son esenciales para definir su resistencia.
- ✿ **Agua:** En general el agua de amasada únicamente precisa ser potable, y con ello se minimiza la existencia de patologías graves, salvo que se incumpla lo establecido en la Norma de Agua en el Perú NTP 339.088, que establece las limitaciones sobre calidad de agua para la elaboración de concreto. Actualmente el Comité de Normalización de Concreto, Agregados, Concreto Armado y Pretensado se encuentra discutiendo la nueva norma de agua, que evidentemente seguirá los lineamientos de la ASTM 1602, ya que en el Perú también es usada el agua de proceso para elaborar nuevos concretos.

- ✿ **Aditivos:** Son productos que añadidos al conglomerante mejoran sus propiedades con carácter permanente, sin embargo, el uso de ellos sin el debido asesoramiento técnico.

2.2.10 VIDA ÚTIL

Según (Rivva) es el período previsto para que un mecanismo de daño, o un agente agresor, dé inicio al deterioro del concreto, habiéndose vencido la barrera de protección, pero sin que aún se haya iniciado el debilitamiento de la estructura.

2.2.11 VIDA PREVISTA

Para (Rivva) es el período para el cual es diseñada y construida una estructura de concreto a fin de que satisfaga el conjunto de requisitos, arquitectónicos, funcionales, estructurales, de durabilidad, de comportamiento y de seguridad, sin que se generen costos inesperados por mantenimiento o por reparación. Para estructuras convencionales la vida prevista puede ser de 50 años y para obras de infraestructura, de 100 años o más.

2.2.12 VIDA ÚTIL DE SERVICIO

Según (Rivva) es el periodo desde la ejecución de la estructura hasta que se complete un nivel aceptable de deterioro.

2.2.13 OCURRENCIA DE DAÑOS EN EL CONCRETO

Diferentes factores actúan durante la vida útil de cualquier obra de concreto, afectando de algún modo sus características de durabilidad. Estas condicionantes.

Pueden depender tanto de la acción del entorno o medio ambiente, como de las propiedades intrínsecas del concreto.

El diseño global de la obra, su interrelación con el suelo, diseño de los elementos constructivos y su posterior elaboración con la adecuada selección

de los materiales componentes y colocación en obra, juegan también un rol importantísimo.

Para entender más las causales de ocurrencia de daños, podemos dividirlos en dos partes.

✿ **Causas Internas**

Se definen como causas internas aquellas que se relacionan con cambios volumétricos que ocurren dentro del concreto. La reacción química del cemento con el agua, conocida como hidratación, genera distintas reacciones químicas que pueden llegar a producir daños severos al concreto por el efecto de aumentos de volumen. Esta misma reacción química genera un fuerte aumento en la temperatura del concreto, el cual, al comenzar a enfriarse puede producir grietas de consideración. La eventual reacción de álcalis libres con áridos de alto contenido de sílice es iniciadora de una reacción incontrolable que también induce a un aumento interno de esfuerzos.

La pérdida del agua de mezclado produce cambios físicos conocidos como retracción de secado, pudiendo iniciarse desde muy temprana edad.

En este caso se producen fisuras superficiales. Si se generan con el tiempo, las fisuras pueden alcanzar todo el espesor del elemento.

✿ **Causas Externas**

Otras causas actúan externamente sobre la estructura. Las más típicas se refieren a las acciones de las cargas, ya sean estáticas o dinámicas, la acción del fuego, sismos, temperatura y viento extremo, asentamientos diferenciales, etc. Éstas inciden con esfuerzos de toda índole sobre el elemento, bastando que se sobrepasen las respectivas resistencias características del concreto para que ocurra un daño.

Sobre la superficie del concreto existe, debido al uso, un desgaste mecánico, abrasión e impacto, y, actuando sobre el recubrimiento del concreto se encuentran una serie de agentes nocivos, como el CO₂ - carbonatación, cloruros – sales descongelantes, aguas con sulfatos, ciclos hielo/deshielo, y otros líquidos y gases agresivos de causales puede llevar a la oxidación de la varilla, iniciando un nuevo tipo de daño con aparición de grietas y desprendimientos.

Fallas constructivas también fomentan la generación de daños, como el hecho de excesos de vibrado - segregación, mala colocación de mallas - inducción de grietas sobre la superficie, desplazamiento de moldes en acabados superficiales.

En resumen, durante la vida útil del concreto es “normal” la aparición de fisuras, las cuales pueden y deben ser reparadas, de acuerdo al uso que tenga la respectiva estructura, pero de aquí en adelante, si se produce procesos más fuertes que debilitan a la estructura, es punto de partida de estudio.

2.2.14 SINTOMATOLOGÍA EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

Las estructuras de concreto armado pueden presentar numerosos tipos de problemas, que muchas veces rebasan los simples límites de los fallos resistentes. Así fenómenos como la corrosión o la desagregación química pueden ser incluso más peligrosos y difíciles de reparar que un fallo en la armadura, que normalmente es el que nos parece más grave.

Las causas que pueden provocar lesiones en una estructura de concreto armado pueden ser muchas y muy variadas y pueden estar relacionadas con el propio proyecto, con los materiales, con la ejecución y con el uso o explotación de la estructura. Desarrollaremos a continuación las más comunes.

2.2.15 FISURACIÓN

Rotura en la masa de concreto que se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal.

Suponen una rotura aparente en un elemento constructivo y son una importante fuente de información de los fallos del edificio. Siempre se producen por esfuerzos de tracción o de cortante, que llegan a superar la tensión admisible del material, produciendo la rotura de este. Si se manifiestan sólo en la superficie se denominan fisuras, mientras que, si se producen en todo el espesor y pasan de una cara a otra, se llaman grietas. Se muestra a continuación una clasificación de las fisuras según el espesor.

2.2.15.1 Clasificación

Tabla 1: Clasificación de los fallos de una edificación

Item	Clasificación	Descripción
1	Microfisuras: $e < 0,05$ mm	En general carecen de importancia
2	Fisuras: $0,1 < e < 0,2$ mm	En general son poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
3	Macrofisuras $0,2 < e < 0,4$ mm	Estas son las fisuraciones que pueden, tener repercusiones estructurales de importancia
4	Grietas: $0.4 < \text{ancho} < 1.0$ mm	Existe reducción en la capacidad sismorresistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal
5	Fractura: $1.0 < \text{ancho} < 5.0$ mm	Existe una reducción importante en la capacidad sismo resistente. Deberá procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición
6	Dislocación: ancho > 5.0 mm	

2.2.15.2 Control de Fisuración

El control de la fisuración es muy importante a fin de determinar si la grieta o fisura está viva o muerta y conocer su evolución en el tiempo. Para ello hay que marcar la situación inicial y utilizar algún sistema que permita determinar su evolución. Las Fisuras se clasifican en:

Fisuras vivas. - Si continúan en movimiento, abriéndose o cerrándose.
Fisuras muertas. - Si están ya estabilizadas en su estado final.

Las fisuras o grietas deben ser observadas y estudiadas con mucho detalle, ya que proporcionan valiosísima información sobre su origen y su estado de evolución. Mediante la observación visual se puede determinar si son fisuras o grietas, saber la dirección y la forma por la apertura de sus labios y el sentido de su movimiento. Hay que tener en cuenta la evolución estacional, épocas de calor y de frío, por lo que un estudio completo de la evolución puede durar un año.

Pasando la mano por la superficie del paramento dañado, se puede determinar si hay un escalón entre los dos semiplanos a ambos lados de la grieta o fisura, y a conocer cómo se desplazan uno respecto al otro.

Si la grieta está viva, las causas son mecánicas y el deterioro será más o menos importante, en función de la velocidad de aumento de la grieta. Para aumentos muy rápidos, si casi se ve crecer la grieta, la ruina es inminente.

Para crecimientos más lentos, la ruina es más o menos progresiva y se podrán adoptar medidas preventivas para paliar el peligro durante la elaboración del estudio y los trabajos de consolidación.

Si la grieta es temporal, normalmente se deberá a oscilaciones ambientales de temperatura y humedad, que producen dilataciones y, lo que es más importante, contracciones en las fábricas.

También es muy importante relacionar todos los defectos observados en el edificio. Hacer un levantamiento de su patología, que se refleje en los correspondientes planos en planta y elevación. Al observar el edificio en su conjunto es mucho más fácil establecer un diagnóstico de la causa de su deterioro.

2.2.15.3 Causas de las fisuraciones:

Las causas más comunes de las fisuraciones son debidas a problemas intrínsecos del propio concreto, problemas del proyecto y/o de ejecución de obra, como, por ejemplo: curado deficiente, retracción, entumecimiento, variaciones térmicas, ataque químico, sollicitaciones excesivas, errores de proyecto, errores de ejecución, asientos.

2.2.15.4 Fisuras debidas a problemas del propio concreto:

Producidas por problemas intrínsecos del propio concreto, especialmente ligadas al proceso de fraguado. Pueden estar ligadas a defectos de fabricación o de puesta en obra del concreto, pero no son estructurales.

Se producen en los primeros momentos de la puesta en obra del concreto, mientras todavía está en estado plástico y son debidas a las siguientes causas:

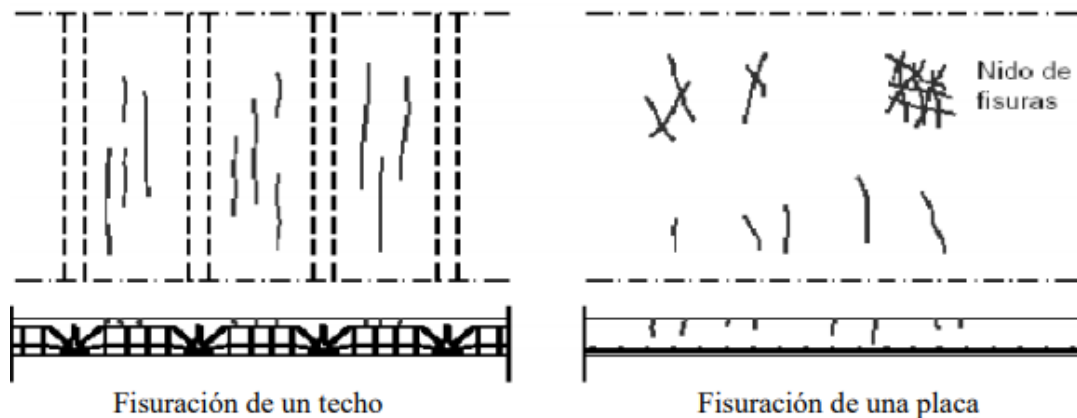
- Afogado.
- Retracción hidráulica.
- Entumecimiento.
- Origen térmico.
- Incorrectas puestas en obra en estado plástico.

2.2.15.5 Fisuras de afogado:

- Se producen por desecación superficial del concreto en estado plástico y las principales causas son: Aire seco y/o el soleamiento.
- Aparecen en las primeras horas del vaciado del concreto y generalmente formando grupos.

- A veces se forman nidos de fisuras alrededor de zonas con concentraciones puntuales de cemento.
- Fisuras pequeñas de 20 a 40 mm. de longitud. A veces hasta 100 mm.

Figura 4: Tipos de fisuras



2.2.15.6 Fisuras de retracción hidráulica:

El concreto al fraguar disminuye de volumen y si la estructura tiene su disminución de dimensiones coartada puede romperse.

Las Fisuras de retracción hidráulica generalmente tienen las siguientes características:

- Aparición retardada, meses y a veces años.
- Más frecuentes e importantes en elementos situados en zonas secas y soleadas. A veces es muy difícil de distinguir su origen por retracción o por efectos térmicos.
- Son regulares, con anchura prácticamente constante y con normalidad se estabilizan muy rápidamente, por lo que cuando el técnico interviene suelen ser muertas.

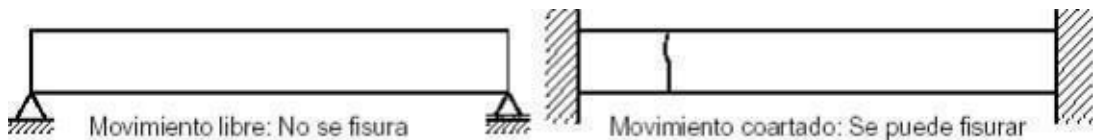
- Su forma depende del armado del elemento y de las cuantías utilizadas para reforzamiento, por lo general se tienen las siguientes sintomatologías:

Para cuantías altas se generan fisuras finas y juntas.

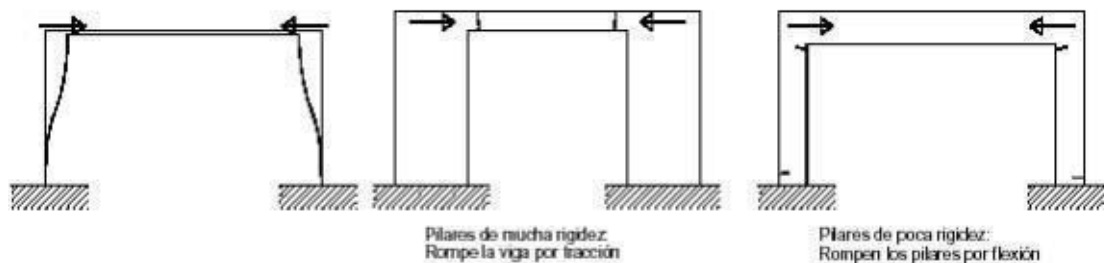
Para cuantías bajas se generan Fisuras gruesas y separadas.

Estas fisuraciones no suelen tener riesgo estructural, pero sí de durabilidad. A continuación, se detallan gráficamente en las figuras

Figura 5: Tipos de fisuras



La estructura se romperá por la zona más débil

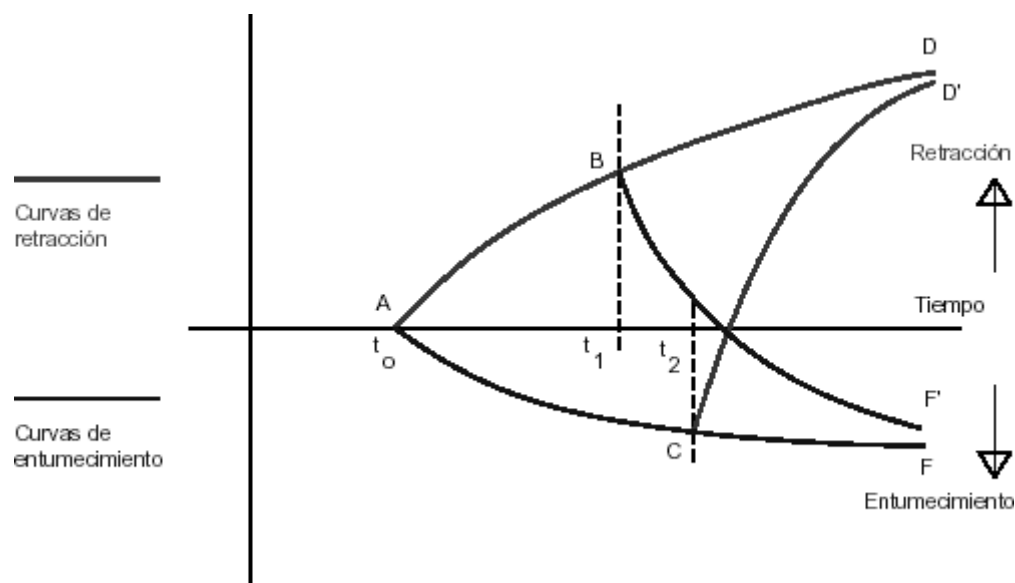


Fisuras de retracción en vigas y columnas (pilares)

2.2.15.7 Fisuras por entumecimiento:

El entumecimiento es el efecto contrario a la retracción. Así como el concreto que fragua en el aire disminuye de volumen (retracción), el concreto que fragua sumergida en agua aumenta de volumen (entumecimiento). Los efectos son similares pero contrarios a los de la retracción, pero en la práctica las patologías por entumecimiento son casi inexistentes.

Figura 6: Curva de retracción y entumecimiento



2.2.15.8 Fisuras de origen térmico:

Se pueden producir por el gradiente de temperatura que se produce en el concreto por su baja conductividad. La solución a este problema es un buen curado. Otros efectos térmicos:

- Variaciones fuertes de temperatura.
- Focos puntuales de calor como chimeneas o calderas.
- Empujes producidos por congelación de agua, etc.

Su sintomatología es muy parecida a la de retracción, lo que a veces es muy difícil de distinguir.

2.2.15.9 Fisuras de ejecución en estado plástico:

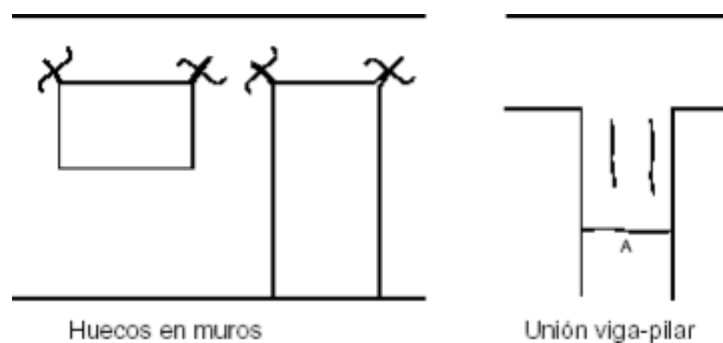
Son las fisuras que se producen en las primeras horas de vida del concreto por asentamiento o deslizamiento de este. En general son fisuras poco importantes que sólo afectan a la estética de la estructura.

Los casos más frecuentes son:

- Deslizamiento del concreto en rampas o piezas inclinadas.
- Movimientos del encofrado.
- Desplazamientos en la armadura al picar o vibrar el concreto.
- Asientos en el concreto fresco impedidos parcialmente por un encofrado

Son frecuentes en huecos de muros de concreto (ventanas, puertas, etc.) en una sola vez o en uniones viga-pilar o placa-muro si también se vacean conjuntamente. En todos estos casos debe esperarse una o dos horas con el vaciado a nivel de la cara superior del hueco para permitir el asentamiento del concreto fresco.

Figura 7: Casos frecuentes de fallas en estado plástico



2.2.15.10 Fisuras debidas a problemas de proyecto o de ejecución de la estructura en su conjunto:

En este apartado se estudiarán las principales causas de fisuración con importancia estructural, es decir aquellas que son síntomas de un mal comportamiento estructural del conjunto y que generalmente son por solicitaciones excesivas.

Son las fisuras que causan la mayor alarma y en la mayoría de los casos las que corresponden a las patologías más graves, puesto que indican

que el concreto está alcanzando o ha sobrepasado su capacidad resistente.

Sin embargo, la fisuración no es por sí misma un indicio alarmante. Lo normal es que las piezas de concreto se fisuren en estado de servicio y de hecho el estudio de las deformaciones en piezas flexadas de concreto tiene dos estados que se diferencian por que la pieza pasa de un primer estado sin fisurar a un segundo estado fisurada, sin que ello implique problemas patológicos.

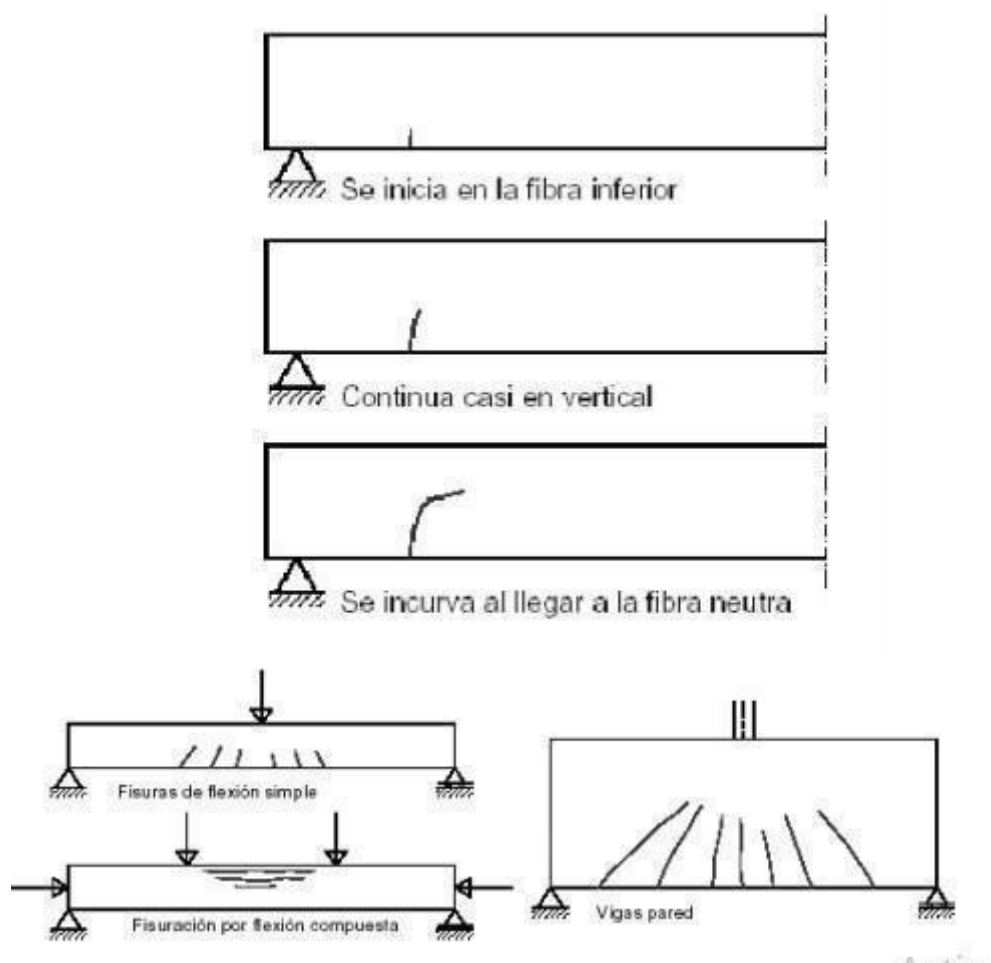
Por ello conviene estudiar la evolución de la fisuración de una pieza de concreto para comprobar si corresponde o no a una situación de alarma. En lo que sigue vamos a dar unos criterios puramente orientativos, pero es importante resaltar que un mismo tipo de fisuras puede estar producido por causas diversas y además las fisuras raramente se comportan como dicen los libros, puesto que muchas veces existen otros factores que distorsionan los resultados. Como en casi todo la experiencia y el ojo experimentado son esenciales en un correcto diagnóstico. Pese a ello es conveniente un pequeño estudio del comportamiento normal de las distintas piezas de concreto ante solicitaciones excesivas, puesto que siempre nos dará unas pautas.

2.2.15.11 Fisuras por momento flector

Las sintomatologías se detallan continuación:

- Se inicia en la fibra inferior.
- Progresa aproximadamente en vertical.
- Se incurva al llegar a la fibra neutra.
- Aparecen varias y bastante juntas.
- Evolucionan lentamente.
- Aparecen bajo carga y desaparecen al descargar

Figura 8: Detalles de la evolución de una fisura de momento flector



2.2.15.12 Fisuras por esfuerzo cortante:

Las sintomatologías se detallan continuación:

- Comienzan en el alma, generalmente a 45°.
- Progresan hacia la armadura y luego hacia la carga.
- Dividen la pieza en dos, provocando el colapso.
- Evolucionan muy rápidamente y son muy peligrosas.
- Aparecen pocas y muchas veces una sola.
- Hay que evacuar inmediatamente el edificio, apuntalar y reforzar.

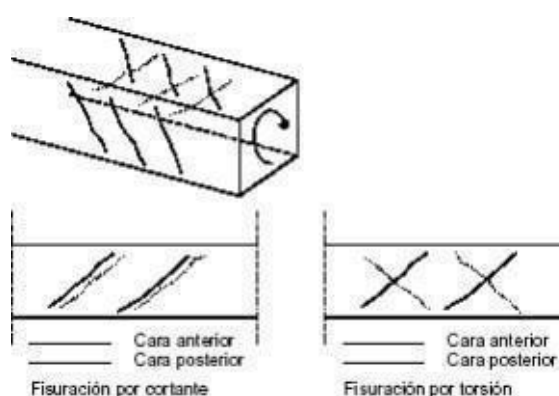
Figura 9: Detalles de la evolución de una fisura de esfuerzo cortante



2.2.15.13 Fisuras de torsión

Tienen un aspecto similar a las del esfuerzo cortante y por tanto pueden ser confundidas con ellas. El principal criterio para distinguir las es que en el caso del cortante las fisuras están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas en tanto que las de torsión están inclinadas en sentidos contrarios, como se indica en la figura.

Figura 10: Fisuración por torsión

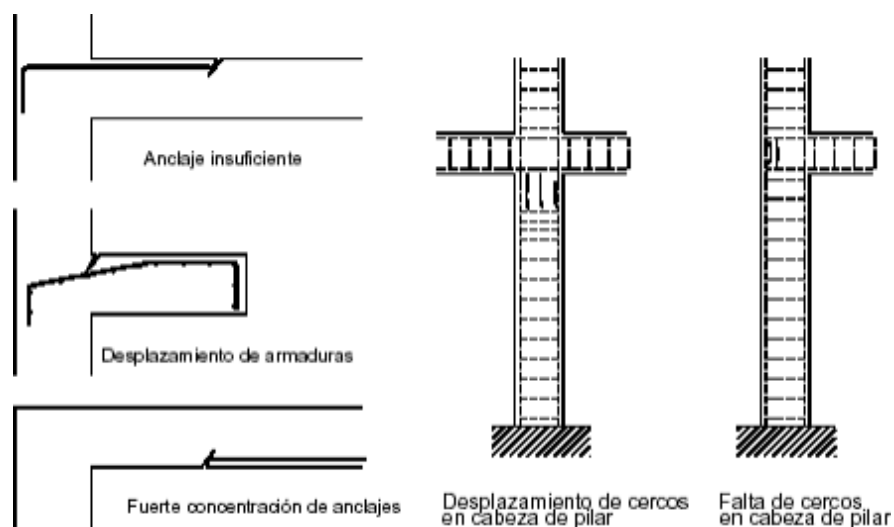


2.2.15.14 Fisuras por mala disposición de la armadura

Las malas disposiciones de la armadura pueden dar lugar a patologías sumamente graves. Se muestran varios casos en los que el desplazamiento accidental de la armadura en obra, muchas veces por simple pisoteo provoca la reducción del canto útil y por consiguiente la drástica reducción de la capacidad resistente de la pieza.

Otros casos que pueden ser muy graves son los producidos por desplazamientos de cercos en pilares que pueden llevar al colapso por pandeo de las armaduras comprimidas. También es posible la aparición de problemas patológicos por deficiente anclaje de las armaduras, como los casos señalados en la figura.

Figura 11: Fisuración por mala disposición de la armadura

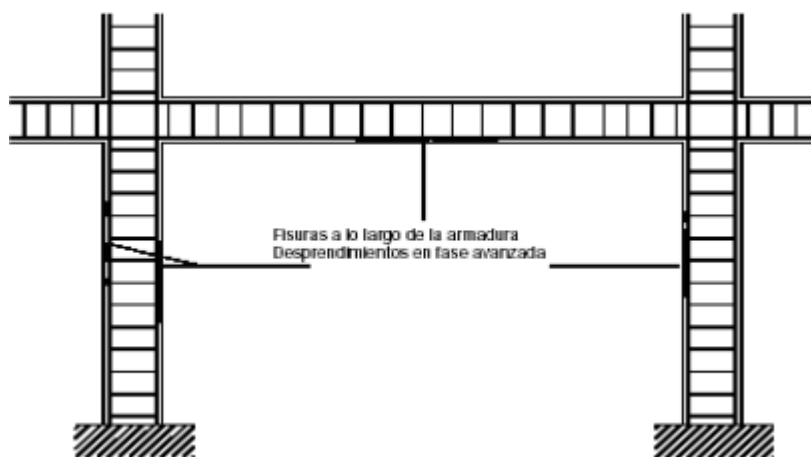


2.2.15.15 Fisuración por corrosión de las armaduras

El acero al corroerse aumenta de volumen en una proporción de 10 veces aproximadamente, por lo que actúa como una cuña interna que hace saltar el recubrimiento de concreto. Lógicamente este efecto se producirá a lo largo de las armaduras y normalmente aparecerán dichas fisuras manchadas de óxido, por lo que esta patología es muy fácil de

detectar. Las primeras armaduras en corroerse son las de la armadura principal y en fase avanzada los cercos. Es en este momento cuando la patología empieza a ser peligrosa en pilares, puesto que pueden pandear las armaduras principales. En general las patologías por corrosión no son urgentes, en el sentido de que se precisa un ataque muy severo para que la pérdida de sección de la armadura llegue a ser peligrosa. Por lo general la reparación puede hacerse con calma y tras un estudio completo para detectar las causas. Sin embargo, es conveniente recordar que esta patología no se arregla por sí misma y que hay que actuar necesariamente, aún sin prisa. Ver detalles en figura.

Figura 12: Fisuración por corrosión de las armaduras

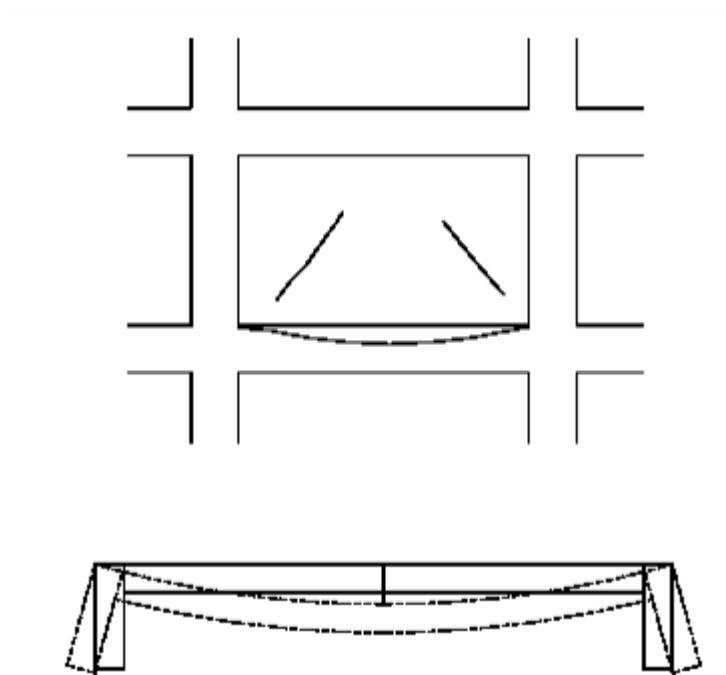


2.2.15.16 Fisuras por exceso de deformación

Las patologías por exceso de flecha han sido normales desde siempre, pero en los últimos tiempos el problema se ha agudizado, puesto que la construcción moderna tiende hacia estructuras muy flexibles, que favorecen el exceso de deformaciones. Así la construcción con vigas planas, con piezas muy esbeltas, con menores grados de empotramiento y con mayores pesos en los solados, llevan a que las flechas, tanto instantáneas como diferidas, sean muy superiores a las tradicionales en estructura de concreto.

Por un lado, la típica fisuración en tabiques, que no suele dar más problemas que los puramente estéticos y por otro las torsiones que los techos pueden producir en las vigas extremas y que pueden revestir enorme gravedad. Ver detalles en figura.

Figura 13: Fisuras por exceso de deformación



2.2.15.17 Fisuras por asientos excesivos:

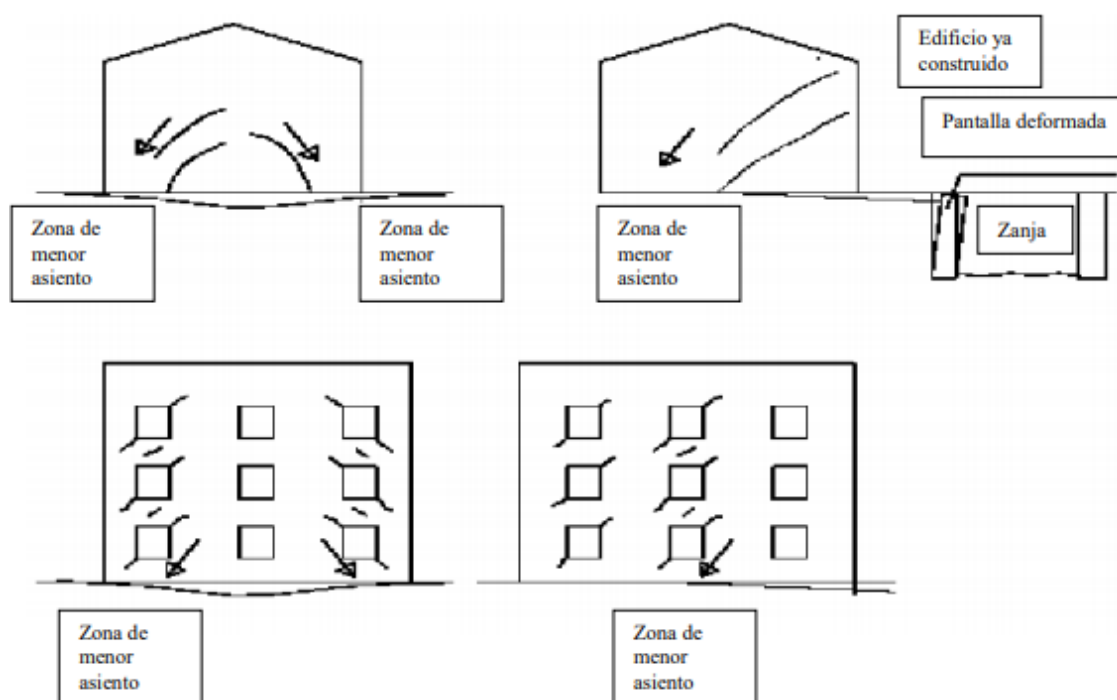
La fisuración producida por asientos es una parte sustancial de las patologías observadas y en general suponen problemas difíciles y costosos de resolver.

Esto y la propia incertidumbre de trabajar con un material como es el terreno, cuyas propiedades no son bien conocidas, hacen que este tema sea de especial dificultad. Los problemas de asientos no deben atribuirse al terreno.

El terreno es como es y la obligación del técnico es averiguar sus características. La responsabilidad de la aparición de lesiones únicamente debe atribuirse a la estructura, que no ha podido adaptarse

a las características del terreno real. En la mayor parte de los casos la actuación consistirá en una intervención sobre la estructura o la cimentación, siendo muy poco frecuentes las intervenciones de consolidación sobre el terreno. Ver detalles en figura.

Figura 14: Fisuración por asientos excesivos

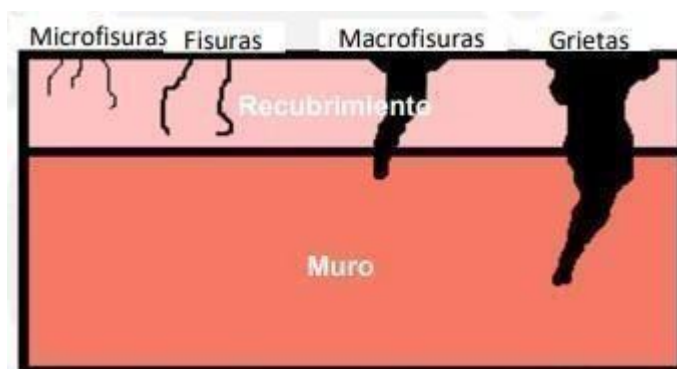


2.2.15.18 LIMITACIONES DE ABERTURA

Es necesario mantener acotada la abertura de las fisuras por tema estético, impermeabilidad del concreto y corrosión de armadura; las fisuras derivan de tracciones propias del concreto y se distinguen por la edad de aparición en un elemento estructural, en su forma, trayectoria, abertura, movimiento entre otros (Ottazzi 2004).

Antes de elegir la manera en cómo sellarlas se debe determinar la causa de origen y el elemento estructural en que han aparecido. En los procesos de fisuración se definen dos etapas: una microfisuración inicial, no se identifican a simple vista, su espesor es menor a 0.05mm y una macrofisuración posterior, las que aparecen en la superficie del elemento como se observa en la Figura.

Figura 15: Tamaño de fisuración



Fuente: Sika SAIC

No existen normas o reglas relativas al ancho máximo de la abertura en elementos estructurales; sin embargo, aberturas de 0,4 mm son de menor importancia comparado con el espesor de recubrimiento y la colocación del acero de refuerzo. Según los requerimientos de comité ACI-318S,2005, una posible clasificación de las fisuras acorde a su abertura se presenta en la Tabla: Clasificación por tamaño de abertura.

Tabla 2: Clasificación por tamaño de abertura

Clasificación	Abertura (mm)	Descripción
Microfisuras	<0.05	No son perceptibles al ojo humano y no tienen relevancia.
Fisuras	$0,1 < e < 0,2$	No representan un peligro, dependiendo de las condiciones ambientales a las que se encuentre. Puede favorecer la corrosión.
Macrofisuras	$0,2 < e < 0,5$	Pueden tener repercusiones estructurales de importancia.
Grietas	0.5	Indicio de daño estructural.

Fuente: SIKa SIAC

2.2.15.19 CONTROL DE FISURACIÓN

Todas las edificaciones presentan fisuras que poseen diversas configuraciones: verticales, horizontales, inclinadas, entre otras y cada una de ellas tienen un origen y se producen por alguna fuerza en especial. Las fisuras o grietas nos brindan información valiosa de su origen y su evolución, por ello es vital observarlas y estudiarlas a detalle para poder definir la importancia real que

tienen y optar por la solución más segura y eficaz. Ante esta observación y estudio a detalle, nos encontraremos con dos casos claramente definidos: fisuras muertas o estables y fisuras vivas o inestables (Bernal 2005).

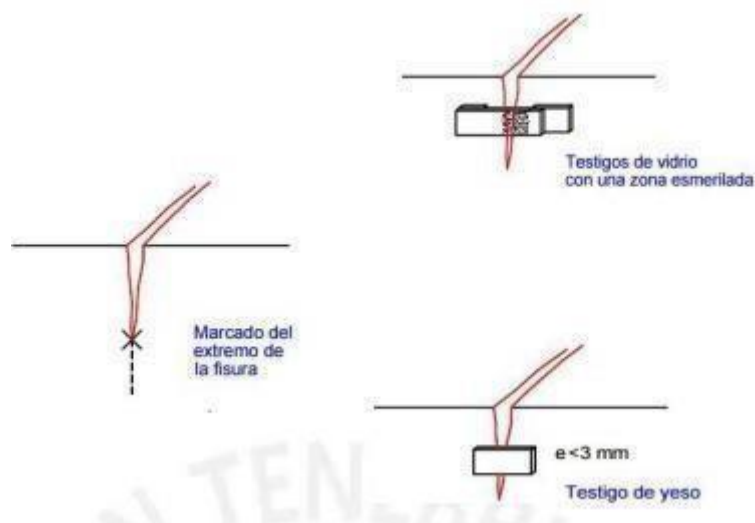
Las fisuras muertas son aquellas cuyo ancho, longitud y profundidad no se modifican con el tiempo, debido al cese de la causa que la origino y/o al equilibrio de resistencias (cada elemento resiste lo que puede), es decir, ha sido necesaria esa deformación en el material para adaptarse a la actual situación.

Las fisuras vivas se caracterizan por tener ancho, longitud y profundidad cambiante, son producidas por causas mecánicas (muchas veces aplicadas no en el mismo elemento que rompe), que provocaran deformaciones en el concreto y deterioro proporcional al aumento de abertura de la grieta.

Para determinar si una fisura está viva o muerta, se suelen recurrir a testigos como se observa en la Figura: testigos de yeso, que consiste en colocar tiras de yeso transversalmente a la fisura, y testigos de vidrio, que siguen un procedimiento similar al anterior.

Los testigos tendrán un seguimiento en un lapso de entre 7 a 90 días (el yeso y vidrio ante movimientos muy pequeños se romperán, debido a su rigidez, para poder definir la reparación, en caso sea de una fisura muerta o la manera de como estabilizar una fisura viva (Elguero 2004).

Figura 16: Procedimiento para controlar las fisuras



Fuente: Elguero, 2004

2.2.15.20 TÉCNICAS DE REPARACIÓN

El tema de fisuración es complejo, ya que existen gran variedad de situaciones de diversa índole que se encuentran en las edificaciones en la práctica diaria. Sin embargo, en este capítulo se va a presentar la sintomatología o patrones de fisuración más comunes en edificaciones, en base a esto se relacionarán con las causas principales y más frecuentes.

Es necesario mencionar que en el mercado existe una diversidad de materiales y sistemas que se pueden emplear para reparar las estructuras de concreto armado y cada vez se desarrollan nuevos productos, pero en la presente investigación se describirán materiales sostenibles que contribuyan a minimizar el impacto ambiental que crea el sector constructivo.

2.2.15.21 PATRONES TÍPICOS DE FISURAS EN EDIFICACIONES

En edificaciones es usual encontrar fisuras por el propio material o por agentes externos, a continuación, se muestra en una matriz los patrones

típicos de fisuras en edificaciones, causas frecuentes y técnicas de reparación expresados de manera genérica.

Sin embargo, es necesario hacer énfasis que al elegir entre las distintas técnicas de reparación es necesario analizar si son fisuras vivas o muertas, espesor de esta y verificar el ambiente en el que se encuentra, ya que ello permitirá elegir la técnica más adecuada que incremente la vida útil de la edificación de concreto armado

2.2.16 PRINCIPALES ATAQUES PRODUCIDOS EN EL CONCRETO

2.2.16.1 Ataque por congelación

En concretos húmedos, expuestos a temperaturas menores de 0° C, puede presentar agrietamiento debido a la presión interna que se desarrolla en los poros capilares de la pasta como resultado del paso del agua al hielo, con aumento del volumen del orden del 9% durante el proceso de congelación de ésta.

Figura 17: Ataque por congelación de una losa



2.2.16.2 Ataques por ácidos

Siendo el concreto químicamente básico, con un pH del orden de 13, puede ser atacado por medios ácidos, con pH menor de 7, los cuales reaccionan con el hidróxido de calcio, de la pasta produciéndose compuesto de calcio soluble de agua.

2.2.16.3 Ataque por Bases

Las bases son compuestos químicos que desprenden iones hidróxido en solución en agua. Ejemplo de bases son, el hidróxido de sodio o soda cáustica y el hidróxido de amonio o amoniaco. Si estos hidróxidos penetran en el concreto y se encuentran en una zona determinada se produce daño físico por cristalización y expansión a partir de la reacción entre el hidróxido y el bióxido de carbono, proveniente del aire.

Figura 18: Ataques por Bases



2.2.16.4 Ataques por Sales

Las sales son compuestos químicos derivados de ácidos o bases, formadas de la reacción entre ellos. Usualmente son solubles en agua. Los cloruros y nitratos de amonio, magnesio, aluminio, hierro, atacan al concreto, siendo el más peligroso el de Amonio.

2.2.16.5 Ataques por Agua

Las aguas puras conocidas como aguas blandas atacan el concreto por disolución de la pasta al actuar sobre el Hidróxido de calcio libre. Adicionalmente los silicatos, aluminatos, y ferritos de calcio son descompuestos por disolución del Hidróxido de calcio.

Las aguas del manantial, generalmente libres de sales, pueden volverse ácidas debido a la formación de ácido carbónico derivado del bióxido de carbono presente en la atmósfera transformándose en corrosivas al concreto, especialmente si éste es pobre o permeable.

2.2.16.6 Ataques por Agua de Pantano

Las aguas de pantano pueden contener elementos tales como ácido carbónico o húmico, sulfatos solubles, ácidos sulfúrico libre, o combinación de éstos. La acción del ácido sulfúrico y ácido carbónico ya ha sido explicada. El ácido húmico, producido por el proceso de descomposición de la vegetación, ataca fundamentalmente a la superficie del concreto al formarse humato de calcio.

Figura 19: Perdida de sección de acero útil



2.2.16.7 Ataque Por Agua De Desagüe

Bajo condiciones de alta concentración de aguas de desagüe, baja velocidad de flujo, y alta temperatura en la tubería de desagüe, se puede generar en ésta hidrogeno, sulfurado como resultado de la acción

oxidante de las bacterias aeróbicas sobre los compuestos de azufre presentes en el desagüe.

Entre hidrógenos sulfurados se condensa en las superficies húmedas por encima del agua y es oxidado, por las bacterias aeróbicas, a anhídrido sulfuroso y luego a anhídrido sulfúrico, el cual en presencia de la humedad forma el altamente corrosivo ácido sulfúrico y destrucción del concreto.

El concreto atacado presenta un revestimiento de color blanco amarillento sobre su superficie escamosa, la misma que sufre un descascaramiento intermitente que puede producir ablandamiento y desprendimiento del agregado.

2.2.16.8 Ataques por Gases

Si una concentración adecuada de bióxido de carbono, o anhídrido carbónico toma concentración con el concreto la superficie de éste puede ser seriamente afectada, variando la magnitud y profundidad del ataque, con la concentración de gas, temperatura ambiente, y humedad relativa.

La superficie afectada se tornará blanda y pulvulenta, no pudiendo el daño ser reparado por subsecuente curado o tratamiento.

El anhídrido sulfuroso, producido por la combustión del petróleo o carbón tiene poco o ningún efecto sobre el concreto.

En combinación con el agua forman ácido sulfuroso el cual reacciona gradualmente con el oxígeno del aire para formar ácido sulfúrico. Ambos ácidos corroen el concreto.

Gases industriales disueltos en agua pueden formar ácidos. El cloro y el cloruro de hidrogeno forman ácido clorhídrico, el fluoruro de hidrógeno

forma ácidos fluorhídrico; el bromuro de hidrógeno forma ácidos bromhídrico; y el yoduro de hidrógeno forma ácido yohídrico, todos estos ácidos atacan al concreto pudiendo ser la corrosión muy fuerte si la concentración es alta.

2.2.16.9 Ataques por Sulfatos

Los sulfatos de calcio, sodio, potasio y magnesio son responsables de algunos de los más destructivos ataques al concreto. El ataque se presenta en forma de expansión debida a la formación de productos sólidos cuyo volumen es mayor que el de las sales que entran en la reacción.

El sulfato de sodio reacciona con el aluminato de calcio hidratado para producir etringita con aumento de volumen. Igualmente reacciona con el Hidróxido de calcio para producir yeso cuyo volumen es el doble de los sólidos iniciales.

2.2.16.10 Ataque Por Sustancias Orgánicas

Los ácidos orgánicos, acético presente en el vinagre, láctico presente en leche agria y butírico presente en las grasas agrias, atacan al concreto con una severidad que depende de la concentración y temperatura. El formaldeído en solución acuosa se oxida para formar ácido fórmico el cual es corrosivo al concreto.

El ácido tánico y los fenoles son medianamente corrosivos. Los ácidos palmítico, esteárico y oleico, presentes en aceites y grasas, tienen acción corrosiva que los aceites animales.

Los aceites vegetales pueden producir deterioro lento de las superficies del concreto. Los aceites animales rancios son corrosivos. Los aceites de pescado pueden ser más corrosivos aun que los aceites animales.

2.2.16.11 Ataques Por Reacción del Agregado

Se han observado, desde 1940, expansiones en estructuras de concreto preparadas con el mismo cemento y diferentes tipos de agregados, o con el mismo agregado y diferentes tipos de cementos, concluyéndose que algún constituyente de ciertos cementos reaccionaba con algún tipo de elementos de ciertos agregados, produciendo expansiones excesivas y el correspondiente deterioro del concreto.

Los estudios han demostrado que los agentes responsables del cemento eran los óxidos de sodio y de potasio que, al reaccionar con algún tipo de elemento de ciertos agregados, producían silicatos alcalinos que, debido a la naturaleza semipermeable de la pasta, producían presiones osmóticas con posterior destrucción del concreto.

Los estudios igualmente han demostrado que la reacción se produce siempre que los contenidos de óxido de sodio y potasio sean mayores de 0.6% en peso del cemento y los agregados contengan alguna forma reactiva de sílice.

Las manifestaciones típicas del deterioro del concreto debido a la reacción álcali-sílice son: expansión; fisuramiento; exudación del gel a través de los poros o fisuras formando escamas endurecidas o cordones duros sobre la superficie; zonas de reacción en las partículas de agregado afectadas en el concreto; y en algunos casos ampollas en la superficie de este.

2.2.16.12 Ataque Por Reacción Cemento – Agregado

Se han presentado expansiones excesivas, acompañados de agrietamientos importantes, en concretos preparados, agregados gruesos de pequeño tamaño y altamente silicosos, a los que se conocen como “arenosos – gravosos” y que se presentan feldespatos y granitos de grano grueso como constituyentes importantes.

Estos agregados arenosos – gravosos presentan composición diversa y diferencias expansivas que permiten concluir que el tipo de agrietamiento producido es causado por reacciones fundamentalmente diferentes de aquellas involucradas en la reacción álcali – sílice.

Los concretos afectados por esta reacción suelen contener partículas reactivas con los álcalis, presentándose gel similar al hallado en la reacción álcalis – sílice, aun cuando no hay correlación entre la extensión del agrietamiento y el contenido de álcalis del cemento, habiéndose observado con excesiva expansión. Y el consiguiente agrietamiento en mezclas con cemento cuyo contenido de álcalis era solo del 0.17 % expresado como óxido de sodio.

2.2.16.13 Ataque Por Reacción Álcali–Agregados Carbonatados

Se han encontrado expansión excesiva y fisuramiento en concretos recién colocados en los que se había empleado agregado grueso proveniente de rocas dolomíticas carbonatadas, apreciándose que la expansión se incrementa con el contenido de álcalis del cemento.

En general, las rocas expansivas están en el grupo calizas dolomíticas en las que el 50% al 90% de los carbonatos escalcitan mineral y contienen arcilla, la matriz es de grano extremadamente fino y su textura consiste en pequeños rombos de dolomita aislados y diseminados en una matriz de arcilla y calcita finamente dividida.

2.2.16.14 Ataque Por Agregados Contaminados

El carbón presente en el agregado puede contener compuestos de azufre que, por oxidación, puede dar ataques de sulfatos. Adicionalmente, la presencia de carbón puede producir decoloración y manchado de la superficie.

El óxido de magnesio presente en el concreto puede causar expansión y destrucción si la presión durante el secado produce minúsculas grietas

en la pasta, las cuales permiten que el agua llegue a los granos de periclasa, óxido de magnesio nativo, que cuando está húmeda origina expansión y rotura. Algunos vidrios artificiales, al igual que los naturales, son expansivamente reactivos con los álcalis del cemento.

2.2.16.15 Ataques Por Desgaste Superficial

La abrasión del concreto es definida como el desgaste de su superficie debido a procesos de fricción o rozamiento. Si bien las partículas arrastradas por el viento pueden tener efecto abrasivo sobre las superficies del concreto, la más importante causa de abrasión de pisos y pavimentos es producida por el paso de personas, circulación de vehículos o rodadura de objetos o máquinas.

Entre los factores que disminuyen la resistencia del concreto a la acción de agentes abrasivos se pueden indicar; la exudación del concreto; su resistencia a la compresión; las propiedades de los agregados; los procedimientos de acabado; el procedimiento y tiempo de curado.

La erosión es definida como el deterioro causado por la acción abrasiva de fluidos o sólidos en movimiento. La resistencia a la erosión es importante en estructuras hidráulicas en la que el concreto está sometido a la acción abrasiva del agua en movimiento la cual transporta partículas sólidas.

La acción de choque, deslizamiento o rozamiento de tales partículas puede causar desgaste superficial del concreto. La magnitud de la erosión depende del número, velocidad, tamaño, perfil, densidad y dureza de las partículas en movimiento por unidad de tiempo.

Se define como cavitación a la erosión progresiva del concreto originada por el flujo no lineal de aguas limpias a velocidades sobre los 12 m/s El origen de la cavitación está en que, cuando se forman en aguas en movimiento, burbujas de vapor ellas fluyen juntamente con el agua.

Cuando ingresan a una región de alta presión colapsan con un gran impacto.

A este proceso de formación de burbujas de vapor y su posterior colapso se le conoce como cavitación. La energía que se libera durante este colapso puede ser lo suficientemente grande como para desgastar grandes áreas de la superficie del concreto en tiempos comparativamente pequeños.

2.2.16.16 Ataque Por Altas Temperaturas

El concreto puede estar sometido a altas temperaturas mayores que las normales en aquellos casos en que es utilizado en la construcción de chimeneas, conductos de gas caliente, pantallas contra radiación, o fuego accidental producto de un incendio.

Aspectos importantes del ataque al concreto son disminución de la resistencia; alargamiento de la longitud inicial; considerable expansión permanente; disminución del módulo de elasticidad y dureza; descomposición del agregado con liberación de la cal libre descascaramiento superficial, todo ello con posible expansión y fisuramiento y desprendimiento de trozos de concreto.

2.2.16.17 Ataque Por Radiaciones

La protección en las centrales nucleares de los efectos dañinos de las radiaciones, ya sean ellas partículas alfa o beta, protones, rayos gama o neutrones, se obtiene utilizando pantalla de concreto.

De las enunciadas las radiaciones más penetrantes son las gammas y los neutrones rápidos, considerándose que una pantalla de concreto que es efectiva para el control de ambos, también lo es para los otros tipos de radiaciones.

La abertura máxima de fisuras se limita, entre otras exigencias, por la durabilidad de la armadura. Los códigos suelen limitar el ancho de fisura a valores entre 0.1 y 0.3mm.

2.2.16.18 Mecanismos de degradación

Los mecanismos de degradación que disminuyen la durabilidad del concreto y está estrechamente relacionado con las condiciones de exposición al medio ambiente, se pueden clasificar como en la Figura: agentes mecánicos, como sobrecargas, los impactos, las vibraciones; físicos, como heladas, abrasión y el fuego; biológicos, como microorganismos y químicos, como aguas subterráneas agresivas, los sulfatos.

Figura 20: Agentes que afectan la durabilidad del concreto armado



Fuente: Adaptado desde Garcés 2008

Salvo los primeros agentes mencionados que se tendrán en cuenta en el planeamiento de los proyectos de edificaciones, la degradación del concreto depende de la posibilidad de transporte a través de sus poros de gases o agua

con sustancias agresivas; lo que conllevará a la degradación y corrosión de armadura (Garcés et al. 2008).

La penetración de fluidos como de gases dentro del concreto determina en buena parte la durabilidad del material. En el caso particular de los líquidos estos pueden penetrar la red porosa del concreto usando principios físicos muy distintos, tal como se presentan en la Figura; la permeabilidad, la difusión, la absorción capilar, la convección o la electromigración.

La permeabilidad se refiere al movimiento de un líquido en presencia de un gradiente de presión como es el que tiene lugar en las estructuras de contención de agua. En el caso del concreto este debe estar saturado para poder medir la permeabilidad que se expresa en términos en m/s.

La difusión corresponde al desplazamiento de un compuesto, ion, líquido etc. A través de un medio, debido a una agitación aleatoria a nivel molecular, relacionada con la existencia de un gradiente de concentración. La difusión se determina en general sobre concretos saturados. A través de este medio continuo, tiene entonces lugar la difusión de una sustancia (Jennings et al. 2008).

La absorción capilar corresponde al desplazamiento de un frente líquido a través de un capilar, como consecuencia de la interacción de las fuerzas de contacto líquidosólido.

Este fenómeno de movimiento de agua tiene lugar en concretos secos o parcialmente saturados. La permeabilidad como la absorción capilar depende sobre todo del tamaño de los poros mientras que la difusión depende principalmente de la interconexión en la red porosa.

La convección o flujo por convección de una sustancia se debe a que una sustancia es arrastrada por el movimiento de otra que la contiene. La electromigración al igual que la permeabilidad y la difusión se refiere al movimiento de un compuesto o una sustancia (líquida en este caso) debido a la

presencia de un gradiente. La diferencia o gradiente en este caso, corresponde a una diferencia de voltaje.

Figura 21: Principios básicos de transporte de fluidos en el concreto armado



El concreto no es atacado por sustancias químicas secas y sólidas; para deteriorarlo, estas se deben encontrar en solución y sobrepasar un porcentaje mínimo de concentración, ya que la presión tiende a forzar la solución agresiva dentro del concreto.

Una vez ya presentados los principios de transporte de los fluidos en el concreto se comprenderá de manera más clara los mecanismos de deterioro que se presentan a continuación:

Ciclos de hielo-deshielo, esto es una función de las temperaturas medias de los diferentes países, el agua luego de penetrar y saturar la red capilar del concreto comienza a congelarse en una cavidad capilar; el aumento de volumen que acompaña la congelación requiere una dilatación de la cavidad igual a 9% del volumen de agua congelada generando presiones sobre la fase sólida microfisurándola ciclo a ciclo.

Para mejorar la resistencia del concreto ante estos ciclos, se debe usar una baja relación de agua/cemento (a/c) en la dosificación, aire incorporado y curado prolongado (Aguirre y Mejía de Gutiérrez 2013).

Ataque por sulfatos, los sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio que están naturalmente en el suelo o disueltos en el agua freática o subterránea; los efluentes de los hornos (que utilizan combustibles con alto contenido de azufre); el decaimiento de la materia orgánica en los pantanos, pozos mineros, tuberías de alcantarilla conducen a la formación de H_2S (ácido sulfhídrico) que se transforma en ácido sulfúrico por acción bacteriana, las cuales pueden llegar a encontrarse alrededor de estructuras de concreto, especialmente cimentaciones, susceptibles a su efecto perjudicial (Aguirre y Mejía de Gutiérrez 2013).

La combinación externa de los sulfatos con el hidróxido de calcio (cal hidratada), liberada durante el proceso de hidratación forman: sulfato de calcio (yeso), que conducen a la reducción del pH del sistema, pérdida de rigidez y resistencia seguida por la expansión y el agrietamiento Para prevenir el ataque por sulfatos debemos reducir la relación a/c para reducir la permeabilidad y usar adiciones como cenizas volantes, escoria de alto horno, entre otras para incrementar la resistencia a sulfatos (Sánchez 2001).

El gel al formarse de hidróxidos de potasio, sodio y calcio derivados del cemento reacciona y puede formar ya sea un complejo sólido y sin capacidad de expansión formado con calcio, álcalis y sílice o un complejo que puede expandirse al absorber agua. La formación de uno o de otro depende de la concentración relativa de álcalis y de hidróxido de calcio, así como de la superficie disponible del material reactivo. (Metha y Monteiro 2013; Sánchez 2001).

Ingreso de cloruros, diluidos en agua de mar o provenientes de otras fuentes son transportados en agua al interior del hormigón hasta alcanzar el acero de refuerzo e inician o aceleran la corrosión del mismo.

El concreto se deteriora por las tensiones causadas por la cristalización de sales en los poros y se da cuando la tasa de migración de la solución de sal a través de los poros interconectados es más lenta que la tasa de reposición, la cristalización de la sal bajo estas condiciones puede dar lugar a la expansión suficiente para causar descamación (Metha y Monteiro 2013).

Las mayores tasas de carbonatación se producen cuando la humedad relativa se mantiene entre 50 a 75%, para una humedad relativa menor a 25% el grado de carbonatación es insignificante. Si la humedad relativa es mayor que 75%, la humedad presente en los poros restringe la penetración del CO_2 (Jennings et al. 2008).

En definitiva, el papel del agua tiene que ser visto en una perspectiva adecuada porque es un ingrediente necesario para las reacciones de hidratación del cemento y como un agente que facilita la mezcla de los componentes de concreto; sin embargo, la mayoría del agua en el concreto (todo el agua capilar y una parte del agua adsorbida) se pierde, dejando los poros vacíos o insaturados. Por ello la dosificación de la mezcla, las materias primas a usar y los procesos constructivos que se sigan harán que el agua sea nuestro aliado o un peligro para nuestra edificación (Metha y Monteiro 2013).

2.2.17 DURABILIDAD ESTRUCTURAL

El ACI 201 define durabilidad del concreto hecho con cemento hidráulico como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto a esos ambientes.

2.2.18 EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLÓGICO EN EDIFICACIONES

El diagnostico permite conocer la enfermedad (falla o defecto de la estructura), determinar el estado en que se encuentra las condiciones de funcionamiento y resistencia.

Permite pronosticar de forma el tipo de patología que incide sobre una estructura, así como augurar cual va a ser el curso de la afección, cuanto durara o como se terminara esta manifestación de patologías. El conjunto de pasos a seguir para una correcta elaboración de estrategias de relación de una estructura afectada por patologías que comprometan su resistencia, estabilidad y durabilidad en el tiempo.

Queda claro que la evaluación y diagnostico patológico de una estructura es una tarea compleja que requiere destrezas y conocimientos sobre los materiales y el comportamiento estructural. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente y más cuando se trata de una combinación de circunstancias.

2.2.19 INSPECCIÓN PRELIMINAR

Se trata de recorrer el inmueble y mediante una fundamenta observación formarse una idea clara y precisa del estado general y evaluar el tipo de problemas que la afectan. Tienen como propósito evaluar de manera inicial las condiciones en que se encuentra la edificación. En la inspección preliminar se reporta la apariencia general de los daños, áreas afectadas, tipos de grieta visibles, situación de los puntos más importantes del elemento o la estructura.

Una vez realizado el diagnostico se llevará a cabo un pronóstico el cual puede ser optimista y se podrá reparar fácilmente mediante unos procesos técnicos y no habrá mayor daño y así la estructura evolucionará favorablemente. También el pronóstico podrá ser pesimista

en cuyo caso la estructura afectada tendrá un proceso de reparación complejo, siendo el caso más extremo la demolición de la estructura.

2.3 COMPARACIÓN TEÓRICA ENTRE DIFERENTES MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

En este apartado se resaltan las investigaciones previas y antecedentes presentes en los aportes de algunos teóricos que por su experticia en los estudios de patología de la construcción establecen unos procedimientos analíticos, siendo éstos metódicos y exhaustivos, permiten identificar las causas y hacer las propuestas de actuación necesarias para solucionar los procesos patológicos en una edificación.

2.3.1 MÉTODO PROPUESTO POR CARLES BROTO

Para Carles Broto (2006), el estudio patológico de una edificación debe analizar la capacidad resistente, la integridad, la forma y el aspecto. Criterios que requieren de un procedimiento sistemático basado en un análisis del proceso patológico con fases que van desde la observación del síntoma o efecto, pasando por el análisis de su evolución para identificar el origen o causa.

a) Fase observación del síntoma o efecto

- Detectar la lesión
- Identificar la lesión
- Aislar la lesión

Broto (2006) divide las lesiones en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico:

- Lesiones físicas: humedad de obra, humedad capilar, filtración, condensación, accidental, erosión atmosférica por meteorización, ensuciamiento por depósito, ensuciamiento por lavado diferencial.

- Lesiones mecánicas: deformaciones (flechas, pandeos, desplomes, alabeos), fisuras (reflejo del soporte e inherente al acabado), grietas (exceso de carga, por dilatación y contracciones higrotermicas, desprendimiento).
- Lesiones químicas: eflorescencias (sales cristalizadas que no proceden del material, sales cristalizadas bajo la superficie del material), oxidaciones y corrosiones, organismos (animales, plantas, hongos)

b) Fase de Recopilación de información

- Estudio histórico: En esta fase se busca “determinar la época de construcción, el estilo arquitectónico, y tipología utilizada, fases en qué se ha realizado, sistemas de construcción y de cimentación utilizados, posibles restauraciones, y modificaciones realizadas, materiales y dosificaciones utilizadas, origen y fuentes de dichos materiales” (Broto, 2006, p. 39).
- Toma de Datos: La toma de datos requiere “(...) del diligenciamiento de un formato el que contiene todo lo relacionado a la inspección previa (datos propiedad, al autor del edificio y al inmueble), realizar croquis y reportaje fotográfico” (Broto, 2006, p. 40).
- Documentación: Levantamiento planimétrico en planta, alzados, secciones, detalles constructivos, mapas de lesiones.

c) Fase de Inspección Técnica

Toma de muestras. Preparación de un programa de muestreo adecuado en el caso de mortero “(...) las muestras de ladrillo, la posición exacta para etiquetar, reparación probetas” (Broto, 2006, p. 40).

- Ensayos sobre elementos constructivos

Los ensayos sobre los elementos constructivos deben identificar los siguientes aspectos

Localización de la lesión en el edificio, material o materiales afectados, elemento constructivo dañado, sistemas y detalles constructivos, toma de muestras, fisuras y grietas, distorsión e inclinación, pérdida de materiales, deterioro diferencial, deplacado, expoliación y descamación, alteración cromática, patinas de suciedad.

Tabla 3: Tipología Causas Procesos Patológicos

Directas	Indirectas
Mecánicas	Proyecto
Físicas	Ejecución
Químicas	Material
Lesiones previas	Mantenimiento

Fuente: C. Broto, 2006

2.3.2 MÉTODO PROPUESTO POR CALAVERA

José Calavera Ruiz (2005), resalta que son diversas las ciencias y técnicas disponibles para estudiar las causas, medir la gravedad de los daños, establecer el diagnóstico, fijar la posible rehabilitación y refuerzo, para lo cual cita la tecnología de los materiales empleados, los métodos de ensayo destructivo y no destructivo, los sistemas de medición de la geometría de la estructura, los sistemas de medición de las deformaciones de todo tipo, los análisis físicos y químicos de los materiales, los recursos de resistencia de materiales y cálculo estructural.

Calavera analiza la influencia de las variaciones resistentes y dimensionales sobre la capacidad resistente de los elementos, a través

de “métodos semiprobabilista y determinista, estableciendo criterios para la elección entre ambos métodos. Estos métodos permiten clasificar diferentes patologías o fallos presentes en cada una de las etapas constructivas” (Calavera, 2005, p. 127).

2.3.3 MÉTODO PROPUESTO POR JUAN MONJO

Juan Monjo establece que el estudio patológico es “el análisis exhaustivo del proceso patológico con el objeto de alcanzar las conclusiones que nos permitan proceder a la reparación consiguiente” (Monjo, 1997, p. 20).

2.3.4 MÉTODO PROPUESTO POR PAULO HELENE

Paulo Helene (2007), en la publicación “Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón. Reparación, refuerzo y protección” plantea que un diagnóstico adecuado será aquel que esclarezca todos los aspectos del problema como son:

- Los síntomas, que son las manifestaciones externas, o también conocidas como lesiones, pueden ser clasificadas según la incidencia que presentan en las estructuras de concreto. Helene establece que las más comunes son las fisuras, las eflorescencias, las flechas excesivas, las manchas en el hormigón arquitectónico, la corrosión de las armaduras, las oquedades superficiales o cucarachas del vertido, o sea segregación de los materiales constituyentes del hormigón.
- El mecanismo es el proceso a través del cual se presenta el problema patológico.
- El origen, es el que se presenta en cualquiera de las etapas del proceso constructivo donde se genera el problema patológico.
- Las causas son los agentes que generan los problemas patológicos pueden ser varios: cargas, variaciones de humedad, variaciones

térmicas intrínsecas y extrínsecas al hormigón, agentes biológicos, incompatibilidad de materiales, agentes atmosféricos y otros.

- Pronóstico de la cuestión, son algunas consideraciones sobre las consecuencias del problema en el comportamiento general de la estructura. El pronóstico permitirá establecer la necesidad de la intervención, Helene recomienda que se estime a través de la ley de Sitter que prevé los costos crecientes según una progresión geométrica, es decir, se dividen las etapas constructivas y de uso en cuatro períodos, correspondientes al de diseño, al de ejecución propiamente dicha, al del mantenimiento preventivo efectuado antes de los cinco primeros años, y al del mantenimiento correctivo efectuado posterior al surgimiento de los problemas, a cada uno corresponderá un costo que sigue una progresión geométrica de razón cinco.
- Terapia, son las medidas de corrección de los problemas pueden ser pequeñas reparaciones localizadas, requerir de una recuperación generalizada de la estructura, o refuerzos de los cimientos, columnas, vigas o losas.
- Procedimiento, consiste en la selección de los materiales y la técnica de corrección a ser empleada, depende del diagnóstico del problema, de las características de la zona a ser corregida y de las exigencias de funcionamiento del elemento que va a ser objeto de la corrección.

2.3.5 MÉTODO PROPUESTO POR ENIO PAZINI FIGUEIREDO

Enio Pazini Figueiredo, uno de los ingenieros más reconocidos en el campo de la patología, diagnóstico y rehabilitación de estructuras de concreto por sus aportes investigativos al conocimiento del concreto y la patología de los materiales. Este énfasis de la Patología de la Construcción hacia el mejoramiento de la calidad de los materiales con tecnología que minimizan el uso de recursos naturales como el empleo de “adiciones minerales que, son residuos de otros procesos

industriales, puede generar un concreto más durable, por ejemplo, el concreto con ceniza volante y escoria granulada de alto horno será más durable en el medio marino”.

(Pazini, 2013, p.108) para garantizar mayor durabilidad en las estructuras genera una relación de sostenibilidad entre el sector de la construcción y el medio ambiente.

Pazini identifica una serie de agentes físicos, químicos, mecánicos y medio ambientales que afectan el equilibrio de las estructuras tales como: acción de la variación térmica, retracción hidráulica, desecación superficial, acción del fuego, acción de aguas puras, reacción álcalis-agregado, reacción con sulfatos, acción de soluciones ácidas, acción del agua del mar, acción de solución alcalina, eflorescencia, desintegración del hormigón por abrasión, erosión, cavitación y biológicas, acción de cargas exteriores por compresión, flexión y cortante, momento torsor, adherencia y anclaje, corrosión de armaduras por carbonatación, cloruros, fallas constructivas por oquedades superficiales, deficiencia en el posicionado de la armadura, los aceros, deficiencia en la dosificación del hormigón.

2.3.6 MÉTODO PROPUESTO POR ANTONIO AGUADO

Antonio Aguado (2007), establece unas fases que va desde la fase previa que permite la caracterización general de la edificación y su estado actual hasta el diagnóstico sobre el fenómeno que origina el daño, presentando una serie de recomendaciones. Es importante anotar unas bases de partida que intervienen para un correcto estudio de daños y definir el tipo de intervención sobre la estructura, son los siguientes:

- Cada construcción es un prototipo, no hay dos iguales.
- Las estructuras reaccionan a los cambios y a las intervenciones con el principio de la mínima energía.

- Siempre que sea posible se tenderá a la metodología científica, apoyando científicamente la respuesta y evitando los métodos intuitivos que puedan resultar válidos en los procedimientos de urgencia. Herramienta importante son los estudios de sensibilidad de las variables a las hipótesis de partida.
- Debe haber un equilibrio entre el análisis numérico e instrumentación y ensayo.
- La respuesta de una estructura viene muchas veces indicada por los subsistemas ligados a ella.
- Hay que saber discriminar los fenómenos patológicos de los que no lo son.
- La causa del daño rara vez es única, lo que conlleva la presencia de especialistas de varias disciplinas, eso sí, siempre bajo la coordinación del patólogo especialista.
- Un pequeño porcentaje de causas produce la mayor parte de los defectos (principio de Pareto).
- No hay una relación biunívoca entre causa y daño, una sola causa puede dar lugar a varios efectos, y un efecto puede provenir de varias causas.
- La obtención de información “in situ” ha de basarse en el principio de “mínimo número de medidas para obtener el máximo de información”.
- Debe de valorarse la trascendencia de un nuevo error, a la hora de valorar el riesgo de la intervención.

2.3.7 MÉTODO PROPUESTO POR WILLIAM LOBO DUGARTE

William Lobo Dugarte (citado por Helene, 2007), presenta las siguientes fases para un estudio de patología de la construcción: evaluación primaria, detallada o secundaria y el proyecto de rehabilitación.

La evaluación primaria remite a un informe cualitativo siguiendo normas internacionales (AASHTO, ACI, ASTM, ATC), los formatos de estas normas contemplan las condiciones normales de la obra al momento de la evaluación materiales, componentes, daños, estado de mantenimiento, operatividad, entre otros.

Esta primera valoración permite identificar el nivel de vulnerabilidad de la edificación para sus condiciones de uso, estableciendo: índice de daño, índice de severidad e índice de vulnerabilidad.

Cuando son superados los índices de daños, severidad y vulnerabilidad se tiene que hacer una evaluación detallada. Para aquellas evaluaciones que no pasan a la evaluación detallada, su informe primario puede revelar puntos críticos que deben ser pasados a los programas de mantenimiento integral.

La evaluación Detallada o Secundaria, debe contar con una investigación documental, inspección visual detallada, hacer un levantamiento gráfico de daños, el recuento fotográfico, un planeamiento y definición de ensayos, el diagnóstico de patologías, todo esto reportado en un segundo informe.

2.3.8 MÉTODO PROPUESTO POR HAROLD MUÑOZ

Harold Muñoz (2001), en su método de diagnóstico y evaluación de patologías en estructuras de concreto desarrolla diferentes niveles de análisis con una secuencia en el análisis de los problemas patológicos en edificaciones para establecer un diagnóstico:

A partir de las diferentes observaciones que se ejecuten, del levantamiento de daños que se realice, de los resultados de los ensayos y mediciones, se formulará el diagnóstico de las patologías y daños detectados con la explicación que soporta la mejor comprensión del fenómeno de daño con lo cual se realizará un Informe de las Patologías encontradas. En cada caso, se clasificarán y se calificarán los daños con el fin de tipificarlos tanto del

daño en sí como de los posteriores procedimientos de obra para lo cual, basados en los esquemas del levantamiento de daños se procederá a formular las técnicas de reparación. (Muñoz, 2001, p.18).

Harold Muñoz resalta la importancia de la fase del diagnóstico en los estudios de patología, ya que una inapropiada interpretación del funcionamiento estructural llevará un equivocado diagnóstico y por lo mismo a unos inadecuados procesos de intervención.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

Resulta importante diferenciar entre lo que es una patología y lo que es una lesión, y la causa que las produce. Un proceso patológico no queda resuelto o anulado hasta que no se ha interrumpido su origen.

2.4.1 Patología

Estudio sistemático de los procesos y características de las “enfermedades” o los “defectos y daños” que puede sufrir el concreto, sus causas, consecuencias y remedios. En resumen, se entiende por Patología a aquella parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto. (Rivva, 2006).

“Puede ser definida como 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”

La patología preventiva consiste en considerar la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen en un edificio, su durabilidad e integridad.

2.4.2 Patología de Construcción

Patología procede según la Real Academia Española (1983) del griego “pathos” enfermedad y “logos” estudio, al trasladar el término “patología” al campo del conocimiento de la ingeniería civil se mantiene la relación semántica, de forma similar como se presentan las dolencias en los seres vivos se observan daños en las edificaciones, frente a estos problemas se estudian los síntomas, mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos en las edificaciones para establecer un diagnóstico.

En general, la patología de la construcción es la ciencia que estudia e identifica los problemas que presentan los sistemas constructivos en su aspecto y funcionalidad.

En el tratado Broto de la construcción se encuentra la definición de patología constructiva como “la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución” (Broto, 2006, p. 31). La presente definición establece que el profesional debe intervenir cuando la edificación presenta algún signo visible que evidencia un tipo de anomalía o existencia de un defecto en la construcción, concepción que deja de lado acciones preventivas en la fase del diseño, cálculos estructurales, estudio de características geomorfológica de los suelos, condiciones climáticas, calidad de los materiales, la percepción de los espacios habitacionales, etc., aspectos esenciales para el buen desempeño de las estructuras en el ciclo de su vida útil y la funcionalidad para la cual ha sido diseñada.

Con relación a lo anterior, es necesario traer a colación la definición presentada en la tesis de grado de Margarita María Díaz et al. (1996), quien expone que la patología estructural debe estudiar los fallos, defectos y enfermedades que sufren los sistemas estructurales, pero además resalta que para comprender el deterioro y conservación de las

obras se debe tener en cuenta dos aspectos fundamentales: “prevenir y reparar, siendo el primero el más importante, ya que se puede realizar en las fases de proyecto y ejecución teniendo en cuenta básicamente cuatro puntos: la calidad de los materiales, la calidad de los planos de construcción, calidad de la ejecución y calidad de supervisión técnica”(Díaz, et al., 1996, p.4).

No obstante, Carles Broto (2006) establece una distinción entre patología constructiva y patología preventiva, definiendo la última como “(...) la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen un edificio, su durabilidad e integridad” (Broto, 2006, p.31), abordando la prevención desde una perspectiva de la conservación y el mantenimiento de las edificaciones. Frente a esta postura existen normas a nivel internacional que establecen que los edificios deberán incluir, una vez concluida la obra, un manual de uso y mantenimiento.

Es fundamental tener presente que un gran porcentaje de las manifestaciones patológicas en las construcciones tienen origen en las etapas de proyecto y ejecución (Helene, 2007), su reconocimiento permite reducir costos en una posible intervención; sin embargo, resulta útil considerar la prevención en todas las etapas del proceso constructivo, con estudios geomorfológicos previos para la evaluación de terrenos, idoneidad de suelos y estudios previos de estabilidad de taludes, evaluar la capacidad portante de estructuras existentes, la revisión de proyectos y control de ejecución de estructuras, para la etapa de la construcción se debe tener presente la instrumentación y el seguimiento de las estructuras, la asistencia técnica de defectos detectados en la ejecución de las obras junto con el mantenimiento de la obra cuando se encuentra en uso.

Acorde con la definición de Broto la investigadora Ana María Elguero (2004) ve en la patología de la construcción la posibilidad de estudiar “... el compendio de alteraciones más o menos graves, que se manifiestan en la totalidad o en una o varias partes de un edificio. [Es decir], que se

produce un desequilibrio entre la función deficiente que esa construcción está desempeñando, y la instancia para la cual fue creada” (Elguero, 2004, p. 9).

De manera similar, pero desde la arquitectura Enrique Zanni (2008) encuadra la patología de la construcción como una sub especialidad dentro de otra especialidad mayor que es la tecnología, formando ambas partes de las ciencias del diseño. Así, la define como “la especialidad dentro de la Tecnología, que estudia las alteraciones que se producen en el estado ideal de equilibrio, de funcionamiento o de servicio de un edificio” (Zanni, 2008, p. 25). La perspectiva arquitectónica también contempla la patología como un estudio prospectivo para el desarrollo de un proyecto, es decir, permite establecer cómo se articula el proceso de deterioro de una edificación desde su concepción, considerando la manera en que se va a comportar en cuanto a su durabilidad.

Se puede inferir que las definiciones expuestas hasta el momento consideran que la patología de la construcción debe estar orientada a lo que Broto llama “el proceso patológico” como los aspectos que se deben tener en cuenta para afrontar un problema constructivo, como son: conocer su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado. De esta forma, el encuentro con un proceso patológico suele tener como objetivo su solución, la que implica la reparación de la unidad constructiva dañada para devolver estabilidad, funcionalidad y aspecto, esto a través de un estudio de patología que se define como “el análisis exhaustivo del proceso patológico con el objeto de alcanzar las conclusiones que nos permitan proceder a la reparación consiguiente” (Monjo, 1997, p. 39).

Sin embargo, se considera que más allá de los aspectos relacionados con el proceso patológico de la edificación se debe observar el sistema constructivo, funcionalidad y uso, ya que no sólo se realizan estudios de patología en edificaciones contemporáneas, sino también en edificios de patrimonio histórico arquitectónico y de arquitectura vernácula, por tal

motivo es necesario una perspectiva holística para abordar los problemas constructivos, Felipe Monk (2004) aborda la definición de patología de la construcción de manera integral cuando la define como “la explicación científica de las causas de los deterioros y las enfermedades de la construcción, dando bases de determinación simple o compleja de los fenómenos físicos, químicos, biológicos y de meteorización entroncados con una racional convergencia histórica, cultural y antropológica” (Monk, 2004, p. 109).

2.4.3 Fisuras

Se denomina fisura la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizará según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguientes adjetivos: longitudinal, trasversal, vertical, diagonal, o aleatoria.

Los rangos de los anchos de acuerdo con el ACI son los siguientes:

Tabla 4: Clasificación de fisuras de acuerdo con el ancho

TIPO	MEDIDA
Fina	Menos de 1 mm
Media	Entre 1 y 2 mm
Ancha	Más de 2 mm

Fuente: Evaluación y diagnósticos de las estructuras de concreto

2.4.4 Deterioros

Cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas o químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento generalmente a través de la separación de sus componentes.

2.4.5 Desintegración

Deterioro en pequeños fragmentos o partículas por causa de algún deterioro.

2.4.6 Distorsión

Cualquier deformación anormal de su forma original.

2.4.7 Eflorescencia

Depósito de sales, usualmente blancas que se forman en la superficie. En muchos casos estas irregularidades en el color, las cuales generalmente son descritas como decoloración se pueden atribuir a la eflorescencia del calcio. Ocurre cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de mineral.

2.4.8 Exudación

Líquido o material como gel viscoso que brota de los poros, fisuras o aberturas en la superficie.

2.4.9 Incrustaciones

Costra o película generalmente dura que se forma en la superficie de concreto o de la mampostería.

2.4.10 Picaduras

Desarrollo de cavidades relativamente pequeñas en la superficie debido a fenómenos tales como la corrosión, cavitación o desintegración localizada. Está caracterizada por la aparición de pequeños puntos de óxido fácilmente observables en áreas poco afectadas por la corrosión.

2.4.11 Cráteres

Salida explosiva de pequeñas porciones de la superficie de concreto debido a presiones internas en el concreto que permiten la superficie la formación típicamente cónica.

2.4.12 Escamas

Presencia de escamas cerca de la superficie del concreto o mortero.

2.4.13 Polvo

Desarrollo de material de polvo sobre la superficie dura. Pérdida de materiales (de ladrillo o de mortero). Mediante la observación de la fábrica podemos determinar los puntos en los que se puede detectar falta de material, anotando su localización, profundidad de la pérdida y área afectada.

2.4.14 Corrosión

Desintegración o deterioro del concreto o de refuerzo por el fenómeno electroquímico de la corrosión. La corrosión del hormigón por agentes químicos suele ser la que mayores daños ocasiona en las estructuras. La durabilidad de un hormigón se puede medir por la velocidad con la que el mismo se descompone como resultado de acciones químicas. En la mayor parte de los casos, el ataque de los agentes agresivos químicos se produce sobre el cemento; en otras ocasiones el ataque se producirá sobre los áridos. Las diferentes acciones de tipo químico que se producen en el hormigón se pueden ser: ataque por sulfatos, cloruros, carbonatos y otros iones; ataque por ácido; reacción ácido-álcalis; reacción en áridos con sulfuros susceptibles de oxidarse, etc.

2.4.15 Goteras

Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta. Las goteras pueden obedecer a varias causas, pero lo general es que se deban a desorganización del tejado o a rotura de algunas tejas

2.4.16 Humedad

Presencia no deseada de agua en estado líquido en lugares o periodos de tiempo variables. Por tanto, cuando el agua se presenta en estado

gaseoso no puede hablarse propiamente de humedad. Por varias razones que no son difíciles de entender, la presencia de agua, y por tanto la posible aparición de humedades, es algo inherente a una obra ya construida.

2.4.17 Erosión

De tipo químico son aquellas que, a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos.

2.4.18 Prevención

El estudio de los procesos patológicos y, sobre todo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. En la prevención habrá que considerar, sobre todo, la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución, así como el mantenimiento.

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito internacional, las edificaciones son evaluadas permanentemente, con el objetivo de determinar las patologías que presentan los elementos estructurales y no estructurales, a fin de determinar el grado de deterioro de estas, existiendo para ello técnicas modernas, así como equipos de última generación.

En nuestro país, no se ha desarrollado mucho el tema de evaluación de las estructuras a fin de identificar las patologías existentes en las mismas, lo cual influye significativamente en la calidad de las estructuras, además de la seguridad en las mismas.

En nuestro medio, en el distrito de Juan Guerra, no se es ajeno a la realidad nacional, se hacen escasas evaluaciones de estructuras a fin de determinar las patologías existentes y al mismo tiempo, poder plantear una propuesta de mantenimiento de las edificaciones, ya que al analizar las patologías existentes en las edificaciones y al mismo tiempo clasificarlas de acuerdo a escala de medición de daño y plantear si es necesario un mantenimiento o una demolición de la misma, esto influye en la parte estética de la edificación así como también en la seguridad de la misma, ya que una edificación con patologías será más vulnerable a eventos sísmicos por ejemplo y a situaciones de colapso, que pondrían la vida de las personas en peligro de lesiones y muertes.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se evaluarán las Patologías y cuál será su relación con una propuesta de mantenimiento de las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín?

3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ✿ ¿Cómo influyen los malos procesos constructivos en la aparición de patologías en las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín?
- ✿ ¿Cómo influye la falta de aplicación de la normativa de construcción en la aparición de las patologías, en edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar patologías y su relación con una propuesta de mantenimiento de las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✿ Identificar los malos procesos constructivos y su relación con la aparición de patologías en las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín.
- ✿ Determinar si aplicaron la normativa de construcción y su relación con la aparición de las patologías, en edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín.

3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta la finalidad de este proceso investigativo hacia la elaboración de un protocolo para los estudios de patología de la construcción que permita dar un diagnóstico conclusivo en las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, se realiza un estudio de investigación descriptiva comparativa que responde a la pregunta de investigación.

En este sentido, el proceso de investigación da cuenta del tipo de relación y el grado de asociación de las diferentes variables obtenidas de la recolección sistemática de los datos establecidos por el consenso de los expertos, aportando información explicativa, lo que permitió conocer el comportamiento de una variable frente al conocimiento de las demás, y de esta manera se logró diseñar la Metodología para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Armado.

El estudio descriptivo sirve para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Es un tipo de metodología a aplicar para deducir un bien o circunstancia; se aplica describiendo todas sus dimensiones. Los estudios descriptivos se centran en recolectar datos que describan la situación tal y como es.

Toda la investigación se centra únicamente en la recolección de datos por medio de una inspección visual, sin la utilización de equipos que faciliten la toma de datos durante estas inspecciones.

3.5 HIPÓTESIS

3.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Las patologías tienen una incidencia muy significativa en la propuesta de mantenimiento de las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín

3.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ✿ Los malos procesos constructivos tienen una incidencia muy significativa en la aparición de las patologías en las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín.
- ✿ La falta de aplicación de la normativa y calidad de los materiales tienen una incidencia muy significativa en la aparición de las patologías en las

Edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín.

3.6 VARIABLES

3.6.1 Identificación de las variables

Variable Independiente

Evaluación de patologías.

Variable Dependiente

Propuesta de mantenimiento de edificaciones de concreto armado.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de Investigación

La investigación realizada fue de tipo descriptiva - comparativa.

4.1.2 Diseño de Investigación

El diseño seleccionado a emplearse en el presente estudio es el diseño Descriptivo Comparativo y (cuasi) experimental.

Figura 22: Matriz de Diseño Pedológico

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDADES	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO ESPERADO
Recopilar el estado del arte de patologías estructurales en cualquier edificación	Consultar las bases de datos para la identificación de las patologías estructurales	Consulta en Bases de datos (e-libro, google scholar, Biblioteknia, ProQuest, e-journal)	Ficha bibliográfica	Bases de datos de autores y referencias de patologías estructurales
Diseñar el instrumento para la identificación de patologías estructurales	Recolectar la información necesaria y elaborar el formato de investigación.	Análisis de los conceptos más importantes de sobre la identificación de patologías estructurales	EXCEL	Formato de captura de datos para la evaluación estructural
Identificar las patologías estructurales de las instituciones educativas del municipio de	Realizar las visitas de campo y diligenciar el formato de identificación de	Comparación de los resultados de las inspecciones visuales con las normas	Formato de inspección para la identificación de patologías estructurales en las instituciones educativas	Resultado de diagnóstico de las instituciones educativas

Fuente: Elaboración Propia

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para la determinación de la Población y Muestra se realizó un marco muestral que debe ser idéntico a la población. Una vez establecido este marco muestral representativo, a partir de éste se procedió a la selección de los elementos de la muestra trayendo como resultado el diseño de la muestra, el cual se ha aplicado para la Identificación y Evaluación de las viviendas del Sector de estudio.

4.2.1 POBLACIÓN

Viviendas del Distrito de Juan Guerra.

4.2.2 MUESTRA

10 viviendas analizadas en total

4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.3.1 Técnicas de Recolección de datos

La técnica que se empleará en la recolección de datos es descriptiva – comparativa.

4.3.2 Instrumento de Recolección de datos

- ✿ Elaboración de una Ficha de Inspección Visual General de la Estructura.
- ✿ Elaboración de cuadros Estadísticos de cada Zona inspeccionada.
- ✿ Elaboración de cuadros comparativos de las zonas inspeccionadas

4.3.3 Procedimiento de Recolección de Datos

A partir del total de viviendas encuestadas, se elaboraron las tablas donde se registraron los problemas patológicos. Según esta información, se

determinaron la existencia de algunas patologías más frecuentes en todas las viviendas encuestadas.

Se tabulo la información y observaciones de las viviendas encuestadas. Esta Tabla Incluirá: los daños, fallas de la vivienda, el proceso de la construcción y los factores que afectan negativamente la resistencia de los elementos estructurales.

Finalmente se resumió en tablas de resumen y gráficos de barras para verificar y analizar los resultados de los cálculos de las patologías.

- ✿ Contacto con los propietarios para realizar la Inspección Visual General de la Estructura.
- ✿ Aplicación de las Fichas de Inspección Visual, acompañado del Registro Fotográfico de Daños.

4.3.4 Procesamiento, Análisis e Interpretación de los Datos

Contacto con los propietarios para realizar la Inspección Visual General de la Estructura. Aplicación de las Fichas de Inspección Visual, acompañado del Registro Fotográfico de Daños.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RECOPIACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES

La primera fase para el proceso investigativo que se lleva a cabo es la recolección de datos para afianzar las nociones, conceptos, conocimientos acerca de las normas que rigen las patologías estructurales. Es necesario la recopilación de las bases de datos para determinar los conocimientos esenciales y realizar la guía para enmarcar el proceso investigativo.

5.2 INSPECCIÓN PRELIMINAR Y ANÁLISIS VISUAL

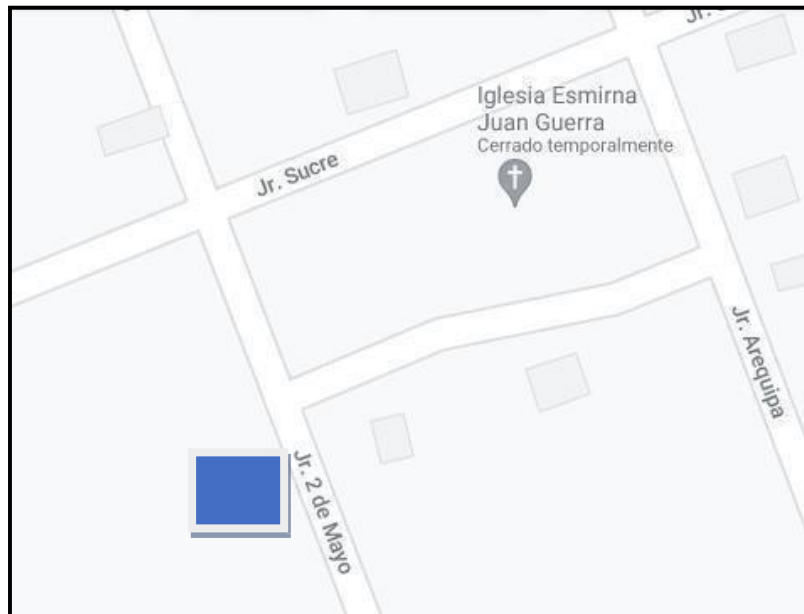
La inspección preliminar es una actividad inherente al proceso investigativo y es necesario reconocer la estructura, la cual va a ser objeto de estudio. Cada visita realizada lleva a cabo la inspección preliminar para afianzar el campo de estudio que son las edificaciones del distrito de Juan Guerra. El paso por seguir es el análisis meramente visual en el cual de forma cualitativa se registra el estado actual de la estructura, sus patologías más recurrentes y sus posibles afectaciones.

5.3 INSPECCIÓN GENERAL DE LAS VIVIENDAS

5.3.1 VIVIENDA N°01

- ✿ **Jr. 02 de mayo N°340**

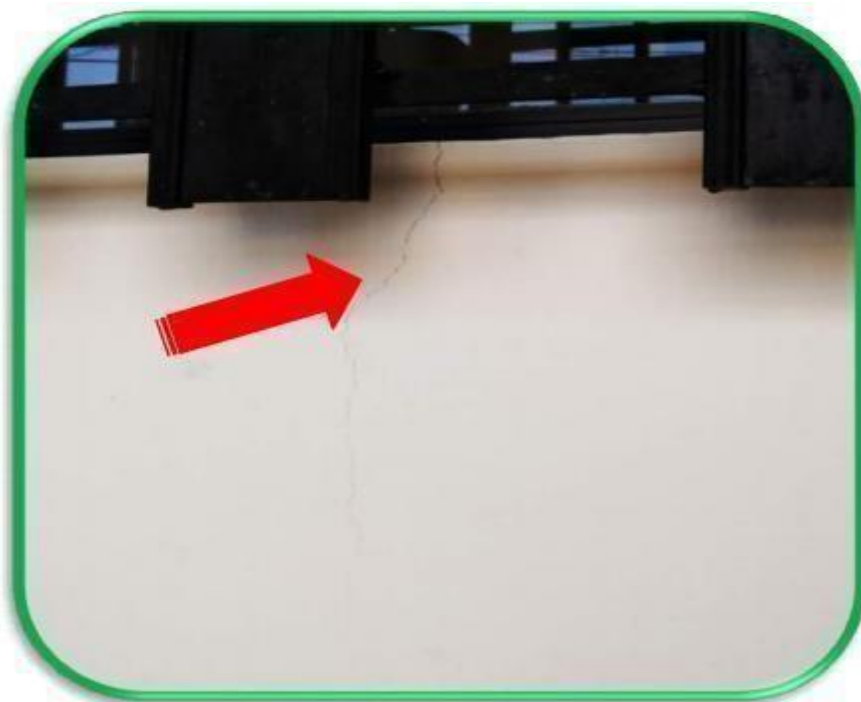
Propietario: Maritza Lozano Vargas



Se visualiza en la edificación manchas por humedad. Lo que ocasiona que la pintura se desprege. Se puede apreciar que la mayoría de las viviendas sufren este peculiar daño.



Identificación de grietas. La presencia de estos daños, son en menor proporción, comparándolos con otras viviendas.

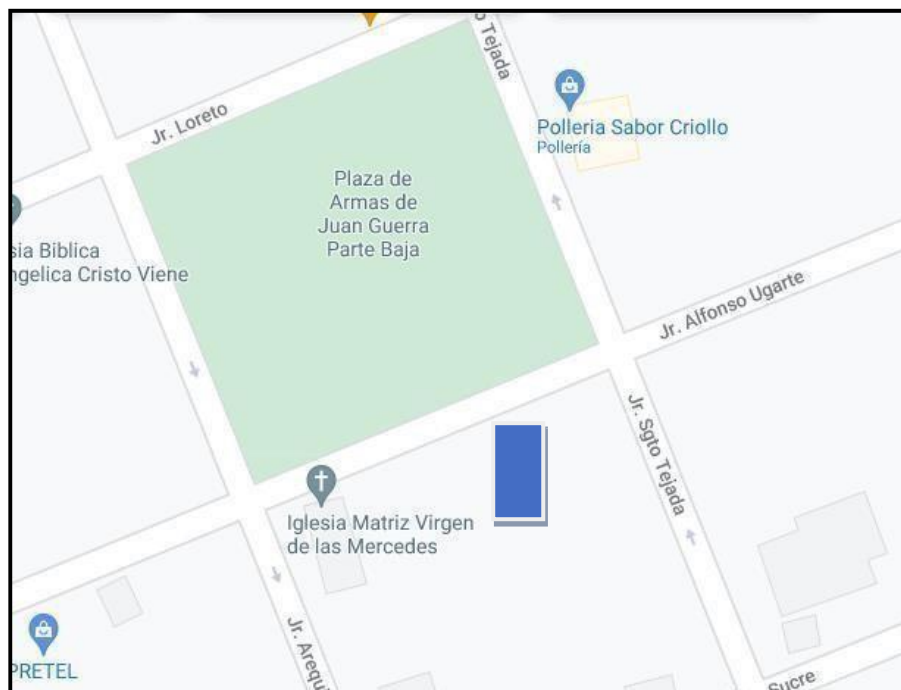


Podemos observar fisuras en el muro lo que puede ocasionar problemas más adelante, al pasar a grietas.

5.3.2 VIVIENDA N°02

✿ Jr. Alfonso Ugarte N°370

Propietario: Jorge Lozano Vargas



Se observa la corrosión del acero del aligerado y el desprendimiento del concreto.



Podemos visualizar manchas que son ocasionados por la humedad y también se puede observar desprendimiento del concreto.

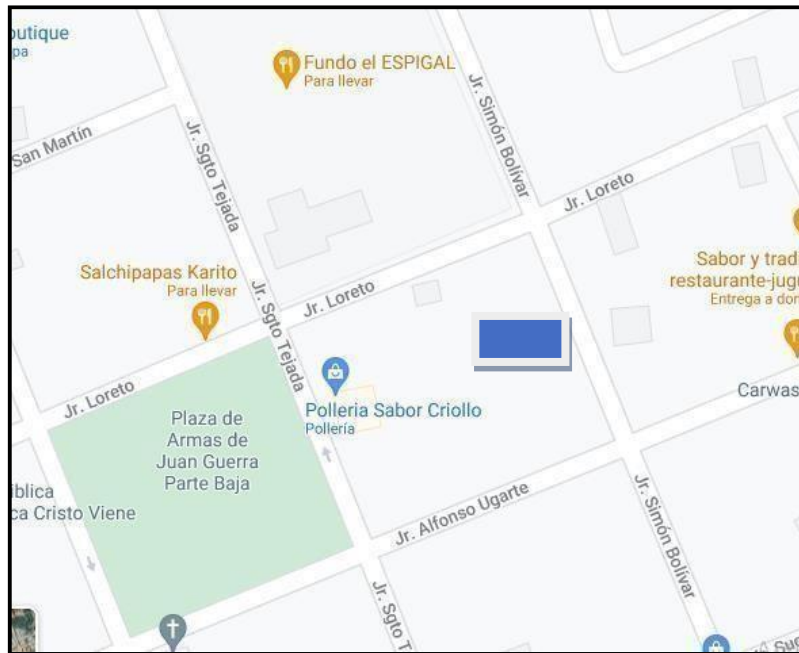


Identificación de manchas por humedad esto ocasiona desprendimiento de pintura.

5.3.3 VIVIENDA N°03

✿ Jr. Simón Bolívar N°230

Propietario: Roberto del Castillo Saavedra





Observamos fisuras en la pared, la mayoría de estas fisuras son ocasionadas por problemas estructurales.



Visualizamos manchas por humedad y desprendimiento de pintura.



Podemos observar la presencia de eflorescencia en las paredes que son ocasionados debido a la presencia de sales solubles.

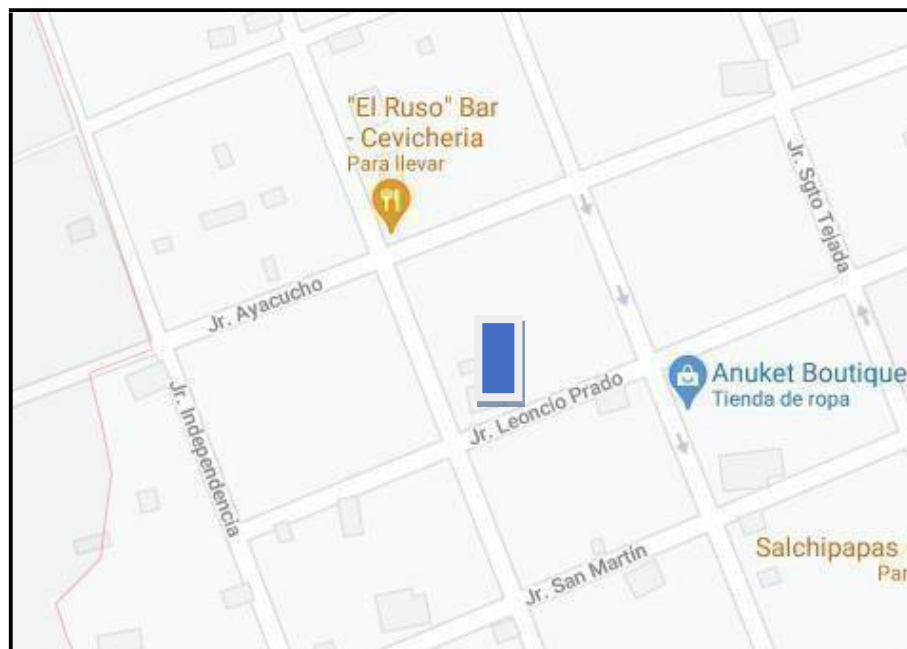


Podemos observar desprendimiento de concreto

5.3.4 VIVIENDA N°04

✿ Jr. Leoncio Prado N°250

Propietario: Carmen Padilla Cárdenas





Podemos visualizar pequeñas fisuras en las paredes de la vivienda.



Visualización de manchas ocasionadas por la humedad



Identificación de manchas en los techos por presencia de humedad.

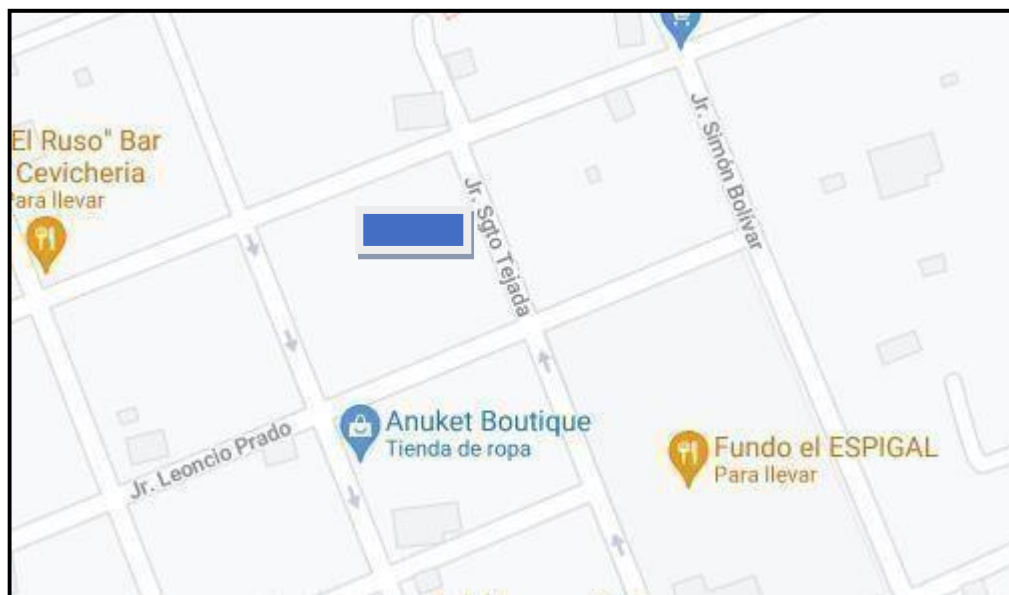


Identificación de grietas y manchas en el techo por causa de la humedad (parte posterior)

5.3.5 VIVIENDA N°05

✿ Jr. Sargento Tejada N°680

Propietario: Ruel Padilla Valera





Podemos visualizar manchas en la pared debido a la humedad por las constantes lluvias que cae en la zona.



Se puede observar manchas por humedad y la presencia de eflorescencia ocasionando el desprendimiento de la pintura.



Podemos visualizar manchas ocasionadas por la humedad.

5.3.6 VIVIENDA N°06

✿ Jr. Loreto N°660

Propietario: Rodolfo Pizarro Tuanama





Podemos visualizar manchas por humedad, presencia de eflorescencia desprendimiento de pintura.

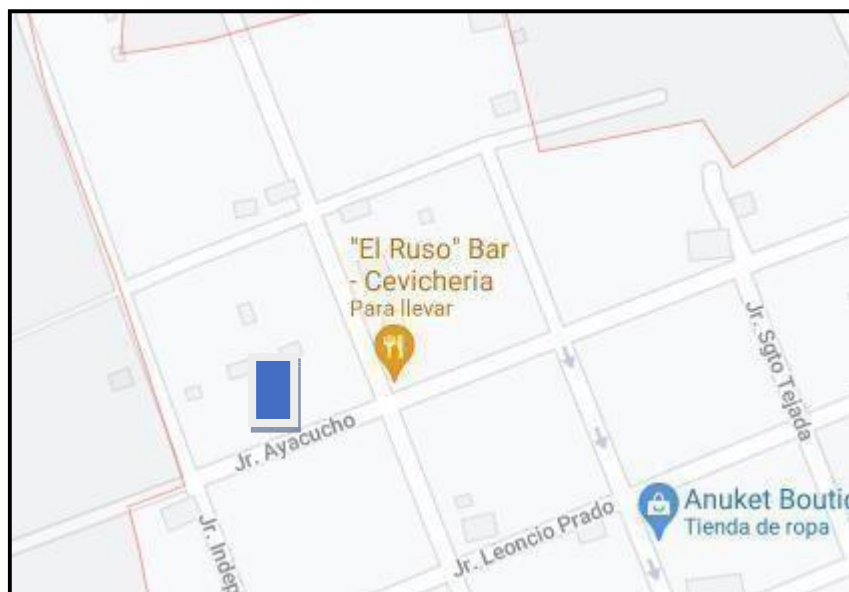


Podemos visualizar la presencia de grietas y eflorescencia

5.3.7 VIVIENDA N°07

✱ Jr. Ayacucho N°140

Propietario: Rubén Ubesu Aranda





Podemos visualizar manchas por humedad.



Podemos apreciar fisuras en las columnas.



Podemos visualizar desprendimiento del concreto.

5.3.8 VIVIENDA N°08

✱ Jr. Arequipa N°180

Propietario: Luis Gremel Escudero



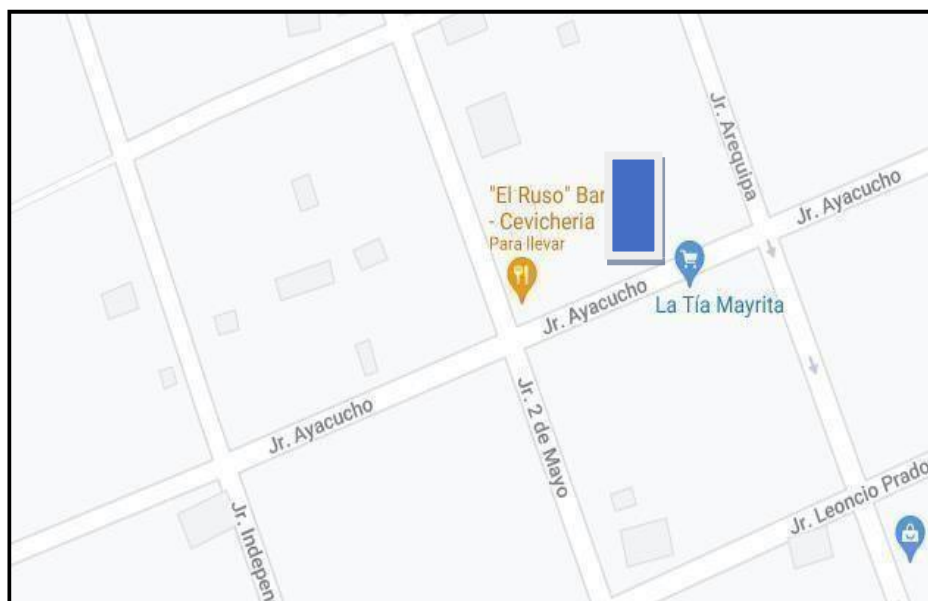


Se visualiza fisura en las columnas.

5.3.9 VIVIENDA N°09

✿ Jr. Ayacucho N°260

Propietario: Sofia Tuanama de Pizarro





Se observa la presencia de humedad en el techo aligerado de la edificación.



En varias partes del techo aligerado se observa el desprendimiento de pintura y manchas causadas por la humedad.

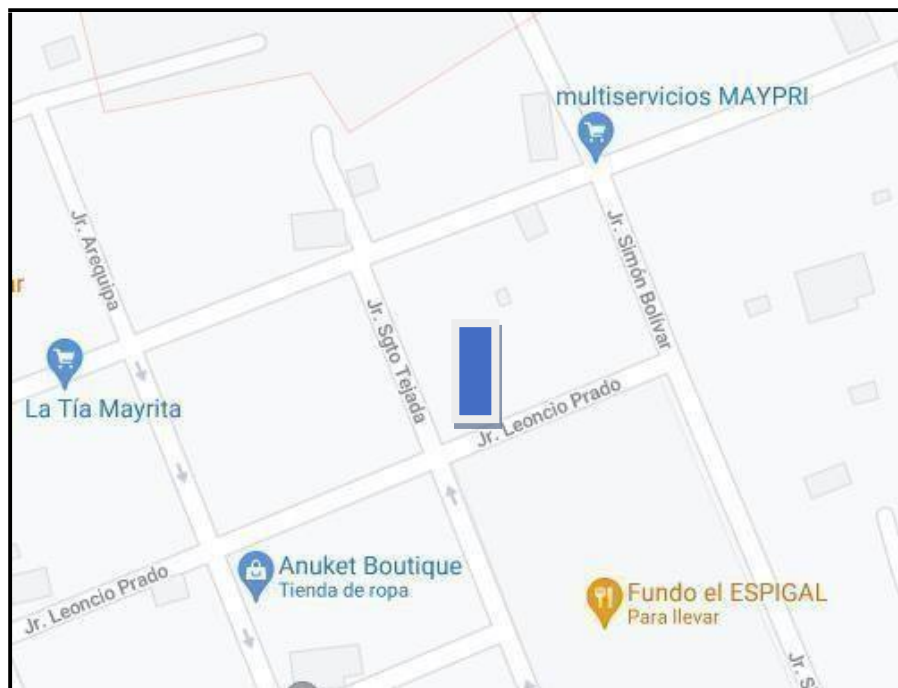


Se visualiza fisuras en las paredes.

5.3.10 VIVIENDA N°10

✱ Jr. Leoncio Prado N°420

Propietario: Armando Alarcón Martínez





Se puede apreciar el acero oxidado (perdida útil del área del acero)



Identificación de grietas.



Identificación de manchas por humedad.

5.4 EXPLICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS FICHAS DE INSPECCION VISUAL

Se aplicó la ficha de Inspección Visual General de la Estructura, teniendo en cuenta el nombre, la autorización y conformidad del propietario para realizar la inspección, además se tomó en cuenta la edad de la estructura, realizando a la vez un levantamiento de daños, localizándose en los diferentes elementos estructurales mediante croquis, a la vez se realizó un registro fotográfico que acompaña a dichos formatos.

Las muestras fueron seleccionadas al azar, en la Zona Baja del distrito de Juan Guerra, provincia de San Martín; obteniéndose una muestra de 10 estructuras.

5.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CUADROS

Vamos a presentar seguidamente, los resúmenes de las Fichas de Inspección Visual, los cuadros y gráficas de daños, los cuadros y gráficas

de edades, los cuadros y gráficas de humedades y fisuras, cuadros y gráficas de elementos dañados, por zonas y comparativamente.

Tabla 5: Resumen de Inspección Visual

CÓDIGO	TIPO	UBICACIÓN	EDAD	DAÑOS	OBSERVACIÓN
V-1	VIVIENDA	Jr. 02 de mayo N°340	10	A, B, D	Presencia de grietas, fisuras, eflorescencia y manchas por humedad
V-2	VIVIENDA	Jr. Alfonso Ugarte N°370	12	A, B, D	Presencia de grietas, fisuras, eflorescencia y manchas por humedad
V-3	VIVIENDA	Jr. Simón Bolívar N°230	08	A, B, D	Presencia de grietas, fisuras, eflorescencia y manchas por humedad
V-4	VIVIENDA	Jr. Leoncio Prado N°250	12	A, D	Presencia de grietas, fisuras y manchas por humedad
V-5	VIVIENDA	Jr. Sargento Tejada N°680	10	D	Manchas por humedad
V-6	VIVIENDA	Jr. Loreto N°660	08	A, B	Presencia de Grietas y fisuras
V-7	VIVIENDA	Jr. Ayacucho N°140	09	A, B	Presencia de Grietas y fisuras

V-8	VIVIENDA	Jr. Arequipa N°180	12	A, B, D	Presencia de grietas, fisuras, eflorescencia y manchas por humedad
V-9	VIVIENDA	Jr. Ayacucho N°260	15	A, B, D	Presencia de grietas, fisuras, eflorescencia y manchas por humedad
V-10	VIVIENDA	Jr. Leoncio Prado N°420	12	A, B	Presencia de Grietas y fisuras

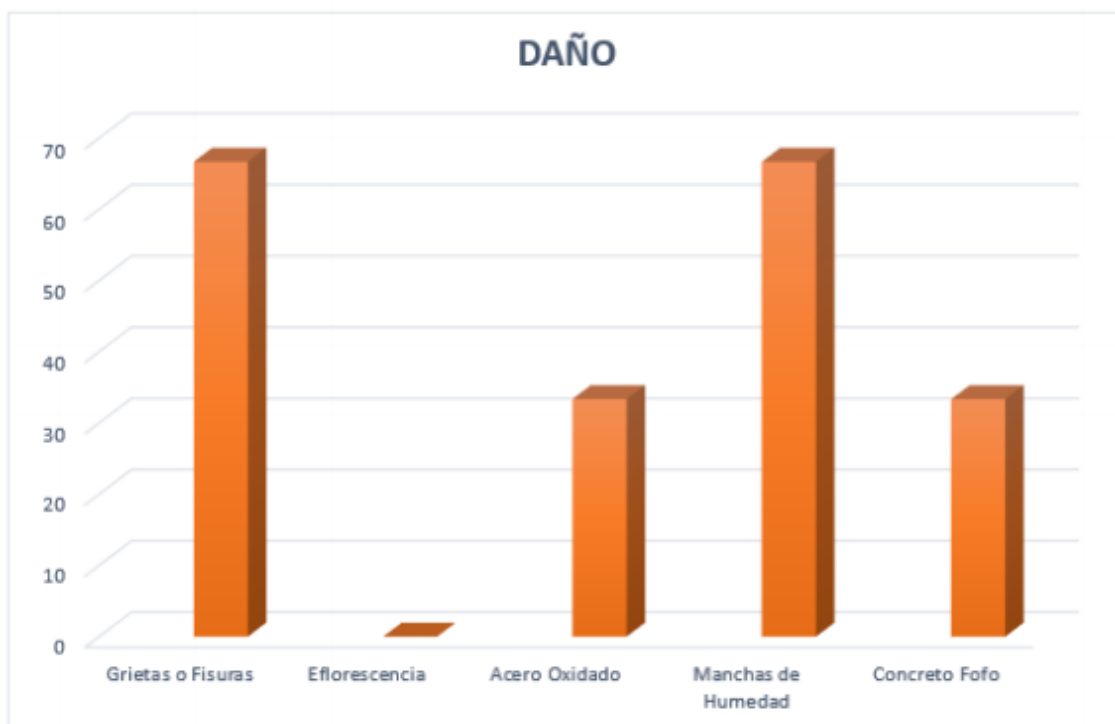
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Cuadro de daños de vivienda

CUADRO DE DAÑOS			
CÓDIGO	DAÑO	N° DE VIVIENDAS	%
A	Grietas o Fisuras	02	66.67
B	Eflorescencia	00	-
C	Acero Oxidado	01	33.33
D	Manchas de Humedad	02	66.67
E	Concreto Foyo	01	33.33

Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Resumen de Cuadro de Daños



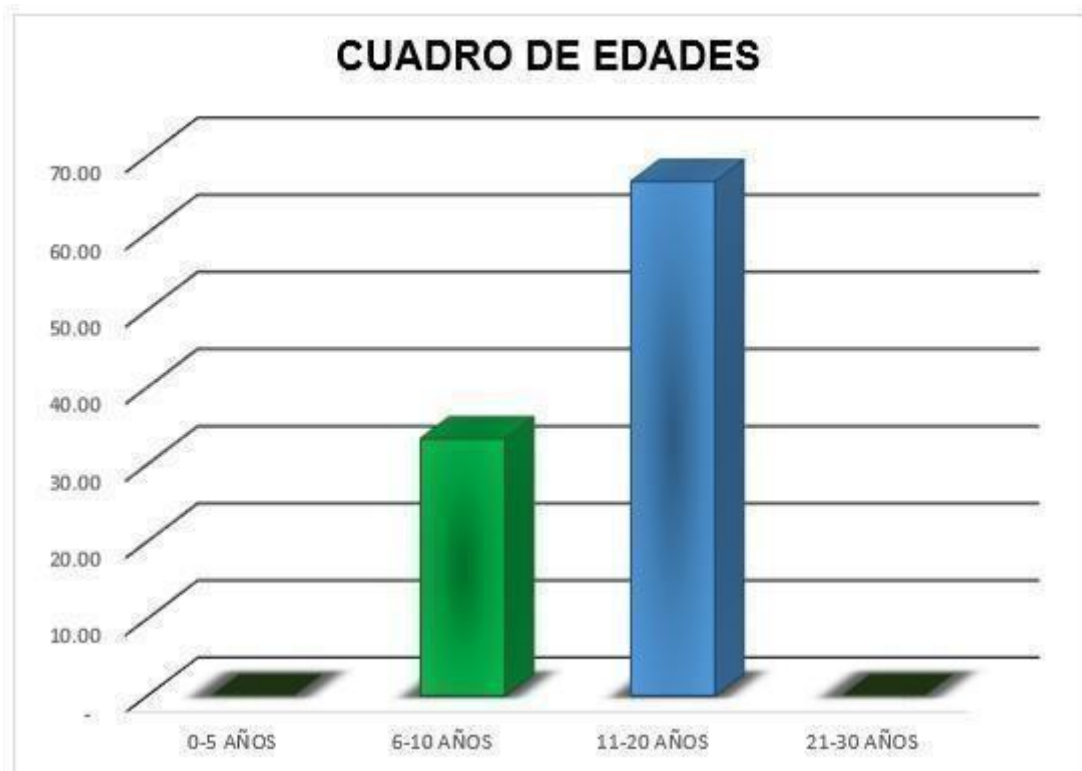
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Cuadro de edades de las viviendas

CUADRO DE EDADES		
EDAD	VIVIENDAS	%
0-5 AÑOS	0	-
6-10 AÑOS	1	33.33
11-20 AÑOS	2	66.67
21-30 AÑOS	0	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Resumen del cuadro de edades de vivienda



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Cuadro de existencia de humedad

CUADRO DE EXISTENCIA DE HUMEDAD		
HUMEDAD	VIVIENDAS	%
HAY PRESENCIA DE HUMEDAD	0	0.0
MANCHAS POR HUMEDAD	2	66.67
FISURAS Y GRIETAS	2	66.67

Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: Cuadro de existencia de humedad y fisuras

Fuente: Elaboración Propia

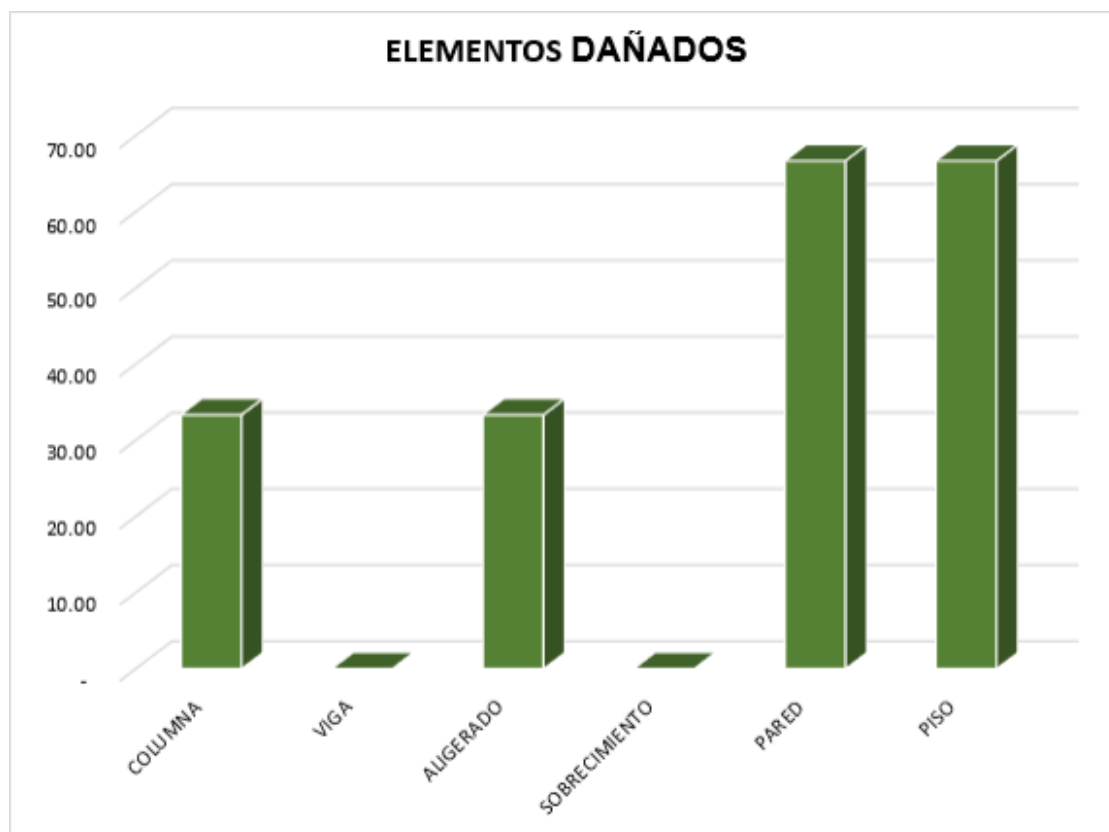


Tabla 9: Cuadro de elementos dañados

CUADRO DE ELEMENTOS DAÑADOS		
ELEMENTOS	VIVIENDAS	%
COLUMNA	1	33.33
VIGA	0	-
ALIGERADO	1	33.33
SOBRECIMIENTO	0	-
PARED	2	66.67
PISO	2	66.67

Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Elementos dañados



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✿ Nuestra investigación muestra casos que corresponden en mayor porcentaje, a la humedad un factor que afecta a la mayoría de las viviendas estudiadas, esto debido a que la zona es lluviosa y el concreto armado está expuesto al intemperismo. El siguiente daño que se observa con frecuencia son las manchas por humedad, seguido por fisuras y grietas; generalmente en las paredes, Techos aligerados y columnas de las edificaciones, que son del tipo lineal y discontinua, que corresponden a fallas instantáneas y diferidas. En menor porcentaje tenemos daños tipo eflorescencia.
- ✿ -Los diferentes daños presentados en las edificaciones de concreto armado en el distrito de Juan Guerra, que formó parte de nuestra investigación, como son la humedad, fisuras y grietas y la eflorescencia, están ligadas a los procesos constructivos, ya que estas edificaciones, según declaración de sus propietarios, no han sido construidas ni supervisadas por profesionales relacionadas ala rama de la construcción, solo han participado en todo el proceso constructivo, personal de formación empírica (maestros de obra).
- ✿ -Los profesionales no participaron en la construcción y supervisión de las edificaciones en el distrito de Juan Guerra, esto implica la falencia en la ejecución de estas, que están relacionadas con dos aspectos fundamentales para nuestro caso, como son la no aplicación del Reglamento Nacional de Construcciones (RNC) y el inexistente control de calidad de los materiales que se supone deben realizar los profesionales a cargo del proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✿ Incorporar a los métodos de estudio los lineamientos generales establecidos en el Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Armado.
- ✿ Abordar desde una perspectiva preventiva los estudios de patología de la construcción que contemple aspectos de funcionalidad, durabilidad y la integridad de la construcción desde el diseño, en todas las etapas constructivas, supervisión técnica en la obra, mantenimiento preventivo y correctivo una vez se ponga en servicio la edificación.
- ✿ Implementar guías para el mantenimiento preventivo y correctivo, para detección de procesos patológicos a tiempo en la construcción que permitan prevenir deterioros irreversibles y eviten costosas intervenciones.
- ✿ Profundizar los planteamientos presentados en este estudio con futuras investigaciones que desarrollen un método de cálculo para determinar de la vida útil residual de las edificaciones en concreto armado.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✿ Broto, C. (2006). Tratado Broto de Construcción. Patología de los materiales de Construcción. Barcelona, España: Estructure.
- ✿ Building Code Requirement for Structural Concrete ACI-318-2011.
- ✿ Calavera, J. (1996). Patología de Estructuras de hormigón Armado y Pretensado. Tomo II. Barcelona, España: Instituto Técnico de Materiales y Construcciones-INTEMAC.
- ✿ Concrete Repair Guide ACI 546R-96.
- ✿ Landeta, J. (1999). El Método DELPHI: una técnica de previsión para la incertidumbre. Barcelona: Ariel.
- ✿ Díaz, M, et al. (1996). Diseño curricular para un curso de patología y rehabilitación de estructuras de hormigón. (Tesis inédita de maestría). Universidad de Medellín. Colombia.
- ✿ Eichler, F. (1978). Patología de la Construcción. Detalles constructivos. España: Blume. • Elguero, A. (2004). Patologías Elementales. Argentina: Nobuko.
- ✿ Federal Emergency Management Agency FEMA (2000), FEMA-154.
- ✿ Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation ACI 364.1R-94.
- ✿ Helene, P. (2007). Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Sao Paulo: SIKA.
- ✿ Mena, M. (2007). Optimización de los criterios de inspección y evaluación técnica de edificaciones asegurables. (Tesis inédita de maestría). Universidad Nacional: Bogotá D.C.

- ✿ Monjo, J. (1997). Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos. Madrid: Munilla - Leria.
- ✿ Monk. F. (2004, agosto). Diseño y aplicación de métodos para evaluar patologías constructivas en el hábitat rural. Arquitectura de tierra en el Noroeste Argentino. En Boletín del Instituto de Vivienda, Chile, p.051.
- ✿ Muñoz, H. (2001). Seminario de evaluación de patologías en estructuras de concreto. Bogotá: ASOCRETO.
- ✿ Pazini, E. (2011, septiembre-octubre). Una vida dedicada a la patología y rehabilitación de estructuras de concreto: Enio Pazinini Figueredo. Noticreto, (108), 16.
- ✿ Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo- Resistentes. NSR-10. 2010. Bogotá D.C.
- ✿ Diccionario de la lengua española (1983). Real Academia Española. Vol.19, Madrid, Espasa-Calpe, S.A.
- ✿ Sociedad Americana de Ensayos y Materiales -ASTM– E 632/82.
- ✿ Triana, J., Mayorca, I. & Martinez, G. (2010). Estado del arte de la patología de la construcción en Colombia a partir de los trabajos profesionales integrados, TPI. Bogotá D.C., Editorial Universidad Santo Tomas de Aquino.
- ✿ Zanni, E. (2008). Patología de la construcción y restauración de obras arquitectónicas. Argentina: Brujas.
- ✿ Luis Alipio Mamani Ramos y Ronald Huarcaya Ccamapaza. "Identificación Y Evaluación De Patologías En Viviendas Autoconstruidas En Los Barrios Urbano Marginales De La Ciudad De Puno". Tesis de la Universidad Nacional del Antiplano. Puno – Perú – 2018.
- ✿ Corzo Aliaga Agustín Víctor, Tesis "Corrosión en estructuras de Concreto Armado" – 1994.