

# MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

## “Escuela Técnica Superior de Arquitectura”

### TUTORES

JÉSICA MORENO PUCHALT

ANA ALMERICH CHULIA

### CURSO ACADÉMICO

CURSO 18/19

### ELABORADO POR

ARQ. ANDRÉS QUINTANA

## REHABILITACION ESTRUCTURAL DEL AYUNTAMIENTO DE AMBATO EN ECUADOR

AMBATO, 2018

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos más sinceros a mis inigualables Padres por su inmenso apoyo a lo largo de esta dura pero gratificante carrera. Agradezco a la Universidad Politécnica de Valencia por abrirme las puertas a esta prestigiosa Entidad Educativa cuyo único propósito es forjar profesionales competentes comprometidos al beneficio de la sociedad; a mis tutoras, las profesoras Jérica Moreno Puchalt y Ana Almerich Chulia, por su excepcional guía a lo largo de mi trabajo de fin de master, que lo supieron hacer con responsabilidad y esfuerzo hasta la culminación de la misma.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de Titulación a mi familia, en especial a mis Padres, que sin ellos nada de esto sería posible.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	VIII
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
I. INTRODUCCION .....	1
1.1 Generalidades .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
2.1 Descripción General de la Edificación .....	3
II. MARCO TEÓRICO .....	9
3.1 Principios generales: Diagnóstico en Estructuras Patrimoniales .....	9
3.1.1 Daños o Deterioro Patológicas.....	10
3.1.2 Determinar la causa .....	12
3.1.3 Daños ocasionados por defectos de construcción .....	14

3.1.4	Evaluar las reparaciones .....	18
3.1.5	Metodología de reparación de Estructuras .....	20
4	MATERIALES Y MÉTODOS DESCRIPTIVOS .....	27
4.1	Levantamiento Arquitectónico del Ayuntamiento de Ambato .....	27
4.2	Descripción del edificio dentro del aspecto patrimonial .....	30
4.3	Descripción del diagnóstico y tratamiento a efectuar .....	32
4.3.1	Intervención en la fachada .....	32
4.3.2	Cubierta .....	34
4.3.3	Cielos rasos y carpinterías .....	35
4.4	Agentes Ambientales .....	36
4.4.1	Agentes biológicos .....	36
4.4.2	Agentes físicos .....	36
4.5	Inspección y documentación fotográfica .....	37
4.6	Diagnóstico y tratamiento .....	38
4.7	Evaluación y diseño estructural .....	39
4.8	Evaluación económica .....	40
5	FICHAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO .....	41
5.1.1	Fichas de recopilación de datos .....	42
5.1.2	Fichas de diagnóstico y tratamiento .....	44

5.1.3	Fichas técnicas.....	46
5.1.4	Resultados .....	49
6	ANÁLISIS DIAGNOSTICO.....	52
6.1	ANÁLISIS ESTÁTICO EN SAP 2000 V 20 .....	54
6.2	PROPUESTA DE PÓRTICO PARA LOS EJES 2, 4 Y 6 .....	60
7	CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS .....	70
7.1	Conclusiones .....	70
7.2	Líneas futuras .....	71
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los elementos constructivos.....	3
Tabla 2 Causas de Patologías .....	12
Tabla 3 Errores en el replanteo.....	14
Tabla 4 Errores en la fase de encofrado y colocación de armaduras .....	14
Tabla 5 Errores en la fase de vaciado del concreto .....	15
Tabla 6 Errores en la construcción de estructuras de Acero.....	16
Tabla 7 Errores en la construcción de elementos no estructurales.....	17
Tabla 8 Principales deterioros en los elementos más afectados.....	37
Tabla 8 Causas .....	37
Tabla 10 Información General de la Edificación.....	38
Tabla 11 Deterioros de los elementos más afectados .....	42
Tabla 12 Deterioros originados .....	43
Tabla 13 Deterioros de los elementos más afectados .....	44
Tabla 14 Causas de los deterioros encontrados .....	45

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Causas de Patologías. Fuente: (López, 2014) .....	12
Gráfico 2 Deficiente unión del elemento metálico con el suelo. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	17
Gráfico 3 Mala distribución de los compuestos del concreto, manifestación típica de un vibrado insuficiente. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	18
Gráfico 4 Pasos de Reparación. Fuente: (López, Rodríguez, Santa Cruz, Torreño, & Ubeda, 2004) .....	19
Gráfico 5 Diagrama de flujo representativo de los pasos a seguir en la reparación de estructuras de concreto. Fuente: (Landa, 2017, pág. 34).....	23
Gráfico 6 Inyección de fisuras con resina. Fuente: Ayuntamiento de Ambato .....	24
Gráfico 7 Vaciado y sellado de una fisura.....	24
Gráfico 8 Juntas de mortero rectangular (a), en cola de milano (b), y en bisel (c). Fuente: (Landa, 2017) .....	25
Gráfico 9 Grapado de una fisura. Fuente: (Landa, 2017).....	25
Gráfico 10 Cosido con bandas de una fisura. Fuente: (Landa, 2017) .....	26
Gráfico 29 Planta baja. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) .....	27
Gráfico 30 Primera planta alta. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) ....	27
Gráfico 31 Segunda planta alta Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) ..	28
Gráfico 32 Planta de Cubierta. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) ...	28
Gráfico 32 Corte A – A´. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) .....	29



Gráfico 32 Corte B – B'. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) .....	29
Gráfico 29 Elevación Frontal. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018) .....	30
Gráfico 30 Elevación Lateral Derecha. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018).....	30
Gráfico 19 Ayuntamiento Ambato 1927. Fuente: Benítez (2010) .....	31
Gráfico 13 Detalle del antepecho añadido en planta baja, cerrando los vanos. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato .....	33
Gráfico 14 Columnatas restituidas en fachada recuperando la monumentalidad del edificio. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato .....	33
Gráfico 15 Detalle del friso de remate de la fachada restituido. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato .....	34
Gráfico 16 Cubiertas en su estado actual. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato.....	35
Gráfico 16 Cielo raso metálico. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato .....	35
Gráfico 17 Viguetas entrepiso. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	51
Gráfico 18 Apoyo de viguetas en muros. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	51
Gráfico 26 Muro intermedio con apoyo de viga de repartición. Fuente: Ayuntamiento de Ambato .....	51
Gráfico 20 Vigas del Hall de ingreso de hormigón armado con acabado de madera. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	52
Gráfico 21 Planta con ejes de la estructura. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018).....	53

Gráfico 33 Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	58
Gráfico 34 Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	58
Gráfico 35 Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones con conglomerado interior heterogéneo. Fuente: Ayuntamiento de Ambato	58
Gráfico 36 Base de piedra andesita al parecer de un Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones. Fuente: Ayuntamiento de Ambato.....	59
Gráfico 37 Construcción más o menos uniforme de este tipo de construcciones.....	59
Gráfico 28 Planta con ejes de la estructura. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018).....	60

## **Resumen**

El presente estudio tuvo como objetivo la rehabilitación estructural del ayuntamiento de Ambato, en Ecuador, con el fin de devolverle primeramente una apariencia mucho más acorde al uso de la edificación, y para prevenir futuros daños en las instalaciones.

El diagnóstico de los daños en la estructura se efectuó mediante inspecciones visuales, recopilación de datos y de una documentación fotográfica para cada caso. Se elaboraron fichas de diagnóstico y tratamiento, en las cuales se precisa el agente causante de la lesión encontrada y el proceso de rehabilitación sugerido según la naturaleza de cada caso.

Posteriormente se determinan cuáles son las estructuras más deterioradas para aplicar un tratamiento adecuado para evitar lesiones o daños en otros elementos. Debido a las condiciones observadas, es la cubierta y las vigas interiores las que deben ser tratadas. Se han propuesto métodos de rehabilitación para estructuras de edificaciones patrimoniales, que sirvan de refuerzo estructural y garanticen su correcto comportamiento ante sucesos posteriores de deterioro. Como último, se elabora un presupuesto que tiene la finalidad de dar a conocer el costo de las intervenciones propuestas para cada caso.

**Palabras Clave:** Rehabilitación, reconstrucción, diagnóstico de estructuras, patologías estructurales.

## **Abstract**

The objective of this study was the structural rehabilitation of the municipality of Ambato, in Ecuador, in order to give it back an appearance much more in keeping with the use of the building, and to prevent future damage to the facilities.

The diagnosis of damage to the structure was made through visual inspections, data collection and documentation photographic for each case. Diagnostic sheets were prepared and the treatment of the lesions is the causative agent of the injury found and the rehabilitation process suggested according to the nature of each case.

Subsequently, the most deteriorated structures can be determined to apply an adequate treatment to avoid injury or damage to other elements. Due to the observed conditions, it is the roof and the interior beams that must be treated.

Rehabilitation methods have been proposed for adobe and wood structures, which serve as reinforcement for the structures and guarantee their correct behavior in the face of events subsequent deterioration. Lastly, a budget has been prepared which has the purpose of making known the cost of the interventions proposed for each case

**Keywords:** Rehabilitation, reconstruction, structural diagnosis, structural pathologies.

## I. INTRODUCCION

### 1.1 Generalidades

La presente investigación está enfocada en la remodelación y recuperación del Ayuntamiento de Ambato (Ecuador), que se encuentra ubicado entre las calles Bolívar y Castillo, Parroquia La Matriz, en el centro de la ciudad. Es una construcción que data del año 1900, razón por la cual se visualiza deterioro en su fachada y estructura, es por ello que el presente trabajo pretende realizar una reparación estructural mediante el escaneo previo de los elementos estructurales del Ayuntamiento de Ambato para la posterior determinación de métodos de recuperación en base a los daños identificados.

La estructura en cuestión es un edificio de construcción antigua. “Construido en el año de 1900, la fachada está elaborada totalmente con los materiales patrimoniales de la época como la piedra Pishilata, y cuenta con amplios corredores, balcones y ventanales” (Domínguez, 2011). Es por ello que se toma la decisión de modernizar la estructura de la edificación ya que los materiales con los que fue construida inicialmente presentan falencias y no soportan de manera correcta las condiciones ambientales, por lo que se tomó la decisión de ampliar el edificio con una estructura moderna (Domínguez, 2011).

Para el escaneo y revisión del estado actual de las estructuras presentes en la edificación se utilizan herramientas con las cuales se determina el estado del hormigón, el recubrimiento del hormigonado sobre las varillas de refuerzo, la ubicación de la armadura longitudinal y transversal, los probables diámetros del acero, el estado de los pilares, fachada, techos, luminaria, paredes. Además, se utiliza el recurso fotográfico al poderse apreciar a primera vista los daños y lesiones presentes en la estructura de la edificación.

La rehabilitación estructural del ayuntamiento de Ambato es aceptada debido a que la construcción, por ser antigua, está realizada con materiales patrimoniales de la época como la piedra Pishilata vista, la cual no es altamente vulnerable frente a fenómenos naturales como los terremotos. Por ello, se ha podido mantener resistente a lo largo de la historia pues el Edificio Sede Central de la Ayuntamiento de Ambato fue construido en 1900 y el sismo que destruyó Ambato fue en 1949 y éste lo soportó. Según los datos existentes, el edificio fue construido fundamentalmente con piedra, sin embargo, se encuentra vestigios de acero en sus elementos estructurales, esto se debe a que después del terremoto, la edificación fue reforzada con hormigón armado.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

“El objetivo general de la presente investigación es realizar un diagnóstico de la patología y una propuesta de rehabilitación del Edificio del Ayuntamiento de Ambato”.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una inspección ocular sobre el estado estructural del Edificio del Ayuntamiento de Ambato
- Recopilar información que permita estructurar un diagnóstico técnico sobre la patología del inmueble.
- Analizar la estructura de la edificación para reconocer los elementos que ocasionen desorden en la carga estructural.
- Reconocer si los elementos deben ser reforzados o reemplazados en su totalidad.
- Reconocer los elementos afectados y plantear posibles soluciones estructurales.
- Presupuestar las soluciones propuestas

## CASO DE ESTUDIO: AYUNTAMIENTO DE AMBATO.


### 2.1 Descripción General de la Edificación




Para la descripción general del edificio se analizan las características generales, físicas, técnicas, arquitectónicas, las condiciones de diseño y de la edificación. Además, también ha sido necesario plantear una serie de pasos y procedimientos anteriores, que se explican a continuación:

- Realizar un registro fotográfico del Ayuntamiento de Ambato.
- Determinar mediante observación el estado actual en el que se encuentran las diferentes estructuras y componentes que forman parte del Ayuntamiento.
- Clasificar el registro fotográfico de acuerdo a secciones para realizar una descripción general de una determinada parte.

A continuación, se procede a la descripción de los elementos constructivos y estructurales del Ayuntamiento de Ambato:




Tabla 1 Descripción de los elementos constructivos




<b>Elemento</b>	<b>Fotografía</b>	<b>Material</b>	<b>Deteriores observados</b>
<b>Piedras que forman parte de los pilares y muros.</b>		Piedra Pishilata	La piedra Pishilata presenta deformaciones, agrietamiento y corrosión lo que ha afectado a su forma y resistividad.




Elemento	Fotografía	Material	Deteriores observados
<b>Muros</b>		Piedra Pishilata trabada con mortero de cal	Degradación en la calidad de la piedra.  Grietas y fisuras.  Deformaciones en los muros.  Suciedad
		Piedra Pishilata trabada con mortero de cal	Erosión de los muros externos y ligero agrietamiento.
		Piedra Pishilata trabada con mortero de cal	Agrietamiento de los muros y destrucción.  Fisuras profundas.  Deformaciones en la forma de la piedra.



Elemento	Fotografía	Material	Deteriores observados
Fachada Externa		Piedra Pishilata trabada con mortero de cal	<p>Deformaciones en los muros por agua.</p> <p>Suciedad.</p> <p>Corrosión.</p> <p>Degradación original del enlucido del muro.</p>
Fachada Interna		Muro de piedra Pishilata enlucida con reconstrucción presente.	<p>Derrumbamiento de parte del muro.</p> <p>Desprendimiento y/o pérdida de coloración de la pintura</p> <p>Suciedad.</p> <p>Hueco de tamaño considerable reparado.</p>
		Muro de piedra Pishilata enlucida y pintada.	<p>Desprendimiento y/o pérdida de coloración de la pintura.</p> <p>Presencia de agujeros.</p> <p>Degradación original del enlucido del muro.</p> <p>Humedad.</p> <p>Suciedad</p> <p>Eflorescencias</p>

Elemento	Fotografía	Material	Deteriores observados
Pisos		Madera	<p>Destrucción total del piso.</p> <p>Visibilidad de la estructura del piso.</p>
		Madera	<p>Destrucción de estructura del piso.</p> <p>Destrucción total del piso.</p>
		Madera	<p>Destrucción parcial del piso.</p> <p>Porosidad por agentes biológicos</p> <p>Humedad.</p> <p>Eflorescencias</p>

Elemento	Fotografía	Material	Deteriores observados
<b>Techo</b>		Placas de escayola adornadas y pintadas.	<p>Suciedad.</p> <p>Pérdida de coloración de la pintura.</p>
		Placas de escayola adornadas y pintadas.	<p>Desprendimiento de parcial grave de placas del techo.</p> <p>Pérdida de coloración de la pintura.</p>
		Placas de escayola adornadas y pintadas.	<p>Dstrucción parcial leve de las placas del techo.</p> <p>Desprendimiento de placas pertenecientes al techo.</p>
		Placas de escayola adornadas y pintadas.	<p>Dstrucción total del cielo raso.</p> <p>Visibilidad de la estructura del techo.</p>

Elemento	Fotografía	Material	Deteriores observados
Pilares y escaleras		Piedra Pishilata	<p>Deformaciones notables.</p> <p>Corrosión presente.</p> <p>Deformaciones de las pilars por agentes biológicos.</p> <p>Suciedad.</p> <p>Agrietamiento.</p> <p>Porosidad por agentes biológicos.</p>
		Piedra Pishilata enlucida y pintada.	<p>Desprendimiento y/o pérdida de coloración de la pintura.</p> <p>Porosidad por agentes biológicos.</p> <p>Suciedad.</p> <p>Agrietamiento y fisuras.</p>
		Piedra Pishilata trabada con mortero de cal y pintada.	<p>Desprendimiento y/o pérdida de coloración de la pintura.</p> <p>Agrietamiento y fisuras.</p> <p>Porosidad por agentes biológicos</p> <p>Eflorescencias</p> <p>Deformaciones notables</p>

Elaborado por: Quintana, Andrés (2018). Fuente: Investigación Propia

## II. MARCO TEÓRICO

### 3.1 Principios generales: Diagnóstico en Estructuras Patrimoniales

El diagnóstico de los daños estructurales en una edificación es el estudio de las posibles problemáticas o lesiones que se pueden presentar en una edificación para de esta manera determinar las falencias en su funcionamiento ya sean las relativas a su funcionalidad, seguridad o habitabilidad. El presente diagnóstico puede ser utilizado como un referente metodológico para identificar posibles afectaciones estructurales en edificios patrimoniales con características similares, ya sean por haber alcanzado su vida útil o por haber sufrido daños a casusa de fenómenos naturales, y de esta forma poder ser intervenidos mediante una rehabilitación estructural y arquitectónica según los requerimientos para su correcto funcionamiento.

Según López y sus colaboradores (López, Rodríguez, Santa Cruz, Torreño, & Ubeda, 2004) es evidente la interrelación e interacción entre las fuentes de las lesiones en cada fase del proceso. Las principales causas identificadas en la etiología de la edificación son la presencia de agua en todas sus manifestaciones, los movimientos de los materiales o los sistemas y las acciones físicas, químicas y biológicas. Éstas se manifiestan por medio de condensaciones, capilaridad, filtraciones, derramamientos, grietas y fisuras de diferentes tipologías, decoloraciones o descomposición de materiales de revestimiento, corrosión de armaduras y degradación de hormigón, oxidaciones descomposición de materiales, exfoliaciones y degradaciones de materiales y pudriciones de elementos leñosos.

El proceso de reconocimiento puede expresarse de diferentes maneras como:

- Encontrar defecto, daño o deterioro
- Determinar causa
- Evaluar la resistencia de la obra en su estado actual
- Evaluar las reparaciones

- Elegir y proponer un método de reparación

### 3.1.1 Daños o Deterioro Patológicas

Según Astorga & Rivero, las falencias estructurales pueden surgir por tres razones y son por defectos, daños o deterioro.

#### ***Falencias por Defectos***

*“Las falencias que aparecen por **Defectos**, son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura, son los efectos que surgen en la edificación producto de un mal diseño, una errada configuración estructural, una construcción mal elaborada, o un empleo de materiales deficientes o inapropiados para la obra”.* (Astorga & Rivero, 2009)

Para evitar patología en las edificaciones, es necesaria la intervención de personal capacitado y honrado durante la elaboración y ejecución del proyecto. Es decir, los daños en la edificación deben ser prevenidos, controlados y corregidos por personal capacitado ya que, en la edificación puede traducirse en altas vulnerabilidades, dejando la estructura expuesta a sufrir averías y deterioros de magnitudes incalculables.

#### ***Patologías por Daños***

*“Las patologías causadas por **Daños**, son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza o agente externo a la edificación. Los daños pueden ser producto de la ocurrencia de un evento natural, como un sismo, una inundación, un derrumbe, entre otros”.* (Astorga & Rivero, 2009)

Además, puede aparecer daños estructurales causados inadecuado uso de las mismas, esto puede ocasionarse en el caso de que la edificación sea obligada a soportar un peso superior para el que fue diseñada inicialmente. Los daños o deterioros estructurales son inevitables ya que es imposible

prevenir un evento natural u ocasionado que ocasione daños incalculables, lo que se puede realizar es reducir las posibles afecciones evitando que se convierta en un desastre mayor. Para ello se debe proteger a las estructuras más vulnerables, evitando los defectos en el diseño, materiales y construcción, seleccionando la ubicación adecuada para la edificación, respetando los criterios de diseño, y muy especialmente, empleando el sentido común.

### ***Patologías por Deterioro***

*“Las obras generalmente se diseñan para que funcionen durante una vida útil, pero con el transcurrir del tiempo, la estructura va presentando manifestaciones que deben ser atendidas con prontitud”.*  
(Astorga & Rivero, 2009)

La exposición al medio ambiente, los ciclos continuos de lluvia y sol, el contacto con sustancias químicas presentes en el agua, en el aire, en el entorno; provocan que la estructura se debilite continuamente. Por esta razón es de vital importancia para las edificaciones, un adecuado y permanente mantenimiento, que ayuda a prevenir el deterioro normal e inevitable causado por el tiempo.

Los procesos de deterioro surgen por disfunciones en un sistema o reacciones viciadas entre sistemas, por involución natural de los productos o por la injerencia de agentes externos. En el momento en que se presenta un deterioro en el funcionamiento de una construcción se presenta una patología. La presencia de deterioro hace difícil establecer un diagnóstico sobre la fuente de la causa y las consecuencias que consumará la acción desencadenante de la patología.

### 3.1.2 Determinar la causa

Según López y sus colaboradores (López, Rodríguez, Santa Cruz, Torreño, & Ubeda, 2004), las causas por las cuales se encuentran daños en las edificaciones son varias, este tipo de riesgo se puede presentar por:

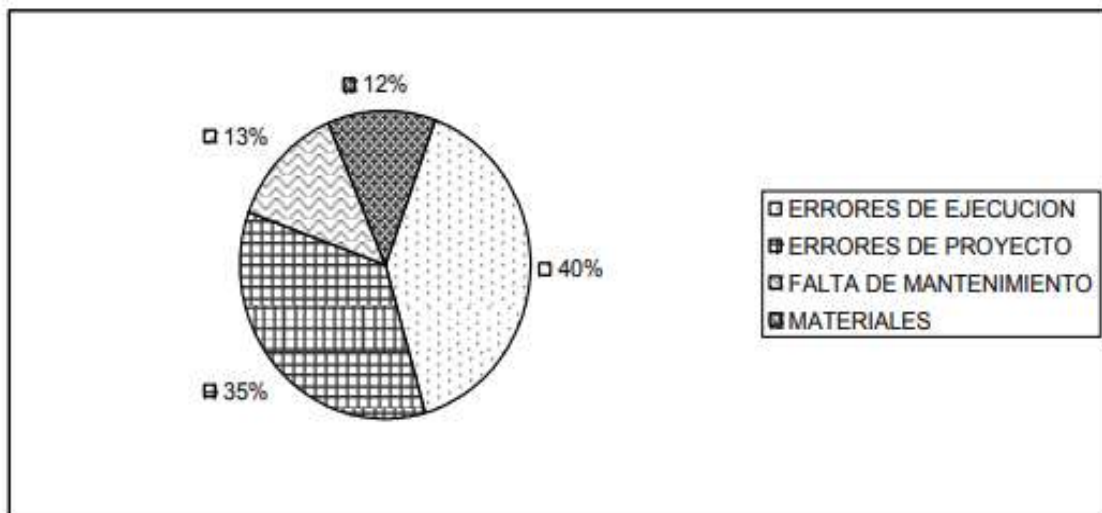


Gráfico 1 Causas de Patologías. Fuente: (López, 2014)

En base a lo expuesto se determina que existen varias fuentes y causas de daños en la edificación para lo cual se determina el siguiente proceso para la identificación del mismo.

Tabla 2 Causas de Patologías

FASE DEL PROCESO Y FUENTES GENÉRICAS	ETIOLOGÍA DE LA PATOLOGÍA
Deficiencias contenidas en el proyecto o diseño del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadecuadas soluciones constructivas.</li> <li>• Errores de dimensionamiento por deficiencias en las hipótesis o sistemas de cálculo en las estructuras o las instalaciones.</li> <li>• Ausencia o defectuoso diseño de detalles constructivos.</li> </ul>
Inadaptación entre el edificio y terreno sustentante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cimentación inadecuada por tipología de</li> </ul>



	<p>diseño.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cimentación inadecuada por defecto de cálculo.</li> <li>• Aparición de vías de agua por roturas de conducciones o presencia de nivel freático que alteren las condiciones del terreno.</li> <li>• Ausencia o defectos del estudio geotécnico.</li> <li>• Corrosión de armaduras por presencia de sulfatos.</li> </ul>
Deficiencias o fallos durante el proceso de ejecución o elaboración del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiente puesta en obra del proyecto</li> <li>• Alteraciones introducidas en el proyecto, mal resueltas en obra.</li> <li>• Falta de rigor en la ejecución de elementos fundamentales por las siguientes causas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de materiales deficientes</li> <li>• Mano de Obra poco cualificada</li> </ul> </li> </ul>
Daños generados por agentes externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataques de xilófagos.</li> <li>• Desastres naturales</li> <li>• Degradación de estructuras de hormigón, por carbonatación o corrosión de armaduras.</li> </ul>
Degradación natural por envejecimiento de los materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meteorización de fábricas o elementos pétreos en fachadas</li> <li>• Flechas y deformaciones en estructuras leñosas</li> <li>• Escapes de agua por defectos en las instalaciones o mal uso de las mismas.</li> <li>• Presencia de agua proveniente del exterior por filtraciones, capilaridad, evaporación, etc.</li> <li>• Defectos en general generados por el mal uso o la falta de mantenimiento.</li> </ul>
Degradación por mal uso y falta de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de revisiones preventivas del uso y mantenimiento de las instalaciones</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia o mal seguimiento del programa de mantenimiento</li> <li>• No reparar inmediatamente lesiones o fallos que acaba degenerando el elemento afectado.</li> </ul>
--	---

Elaborado por: Quintana, Andrés (2018). Fuente: (López, 2014)

### 3.1.3 Daños ocasionados por defectos de construcción

Para Astorga & Rivero (Astorga & Rivero, 2009), los defectos y daños más habituales presentes en la construcción son:

- Errores en el replanteo
- Modificaciones del proyecto
- Incumplimiento de las normativas
- Falta de definición del proyecto
- Modificaciones en los materiales

Tabla 3 Errores en el replanteo

<b>Errores en la fase de replanteo del proyecto</b>	
<b>Defecto</b>	<b>Daño</b>
Colocación de los pilares en posición incorrecta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se coloca el acero de la pilar en la cara opuesta a la estimada en el proyecto.</li> <li>• Cuando los pilares se colocan giradas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conlleva a modificaciones de las inercias.</li> <li>• Los pilares tendrán resistencias inferiores a la prevista.</li> </ul>
Falta de alineación vertical: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el centro de una pilar queda desviado con respecto al centro de su pilar superior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera excentricidades que pueden causar graves problemas en el comportamiento sísmico de la estructura.</li> </ul>

Fuente: Astorga & Rivero (2009). Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Tabla 4 Errores en la fase de encofrado y colocación de armaduras

<b>Errores en la fase de encofrado y colocación de armaduras</b>
--

<b>Defecto</b>	<b>Daño</b>
<p>Recubrimiento excesivo insuficiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de recubrimiento en vigas o pilares.</li> <li>• Recubrimiento insuficiente</li> </ul>	<p>Conlleva a la corrosión del acero.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El concreto sufrirá mayores retracciones, que en ocasiones pueden llegar a romperlo, dejando expuesto al acero.</li> <li>• El acero se encontrará expuesto a las acciones agresivas del medio ambiente.</li> </ul>
<p>Insuficiente longitud de anclaje o falta de ganchos en vigas de extremos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La barra de acero se desliza en el concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden aparecer pequeñas fisuras verticales en la parte superior de la viga, cerca del encuentro con la pilar. Existe riesgo de inestabilidad al no colaborar el acero y el concreto.</li> </ul>
<p>Separación inadecuada del acero transversal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando los estribos están muy separados entre sí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede originarse el pandeo del acero longitudinal.</li> <li>• Se disminuye la resistencia a las fuerzas cortantes y a la torsión.</li> <li>• El concreto sufre mayores deformaciones y aparecen fisuras verticales en el centro de las caras.</li> </ul>
<p>Separación inadecuada del acero longitudinal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando las barras de acero no están suficientemente separadas entre sí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La armadura muy junta no permite el paso fluido del concreto a través de la misma, lo que ocasiona una mala distribución de los elementos del concreto y, por lo tanto, una distribución inadecuada de la resistencia.</li> </ul>
<p>Falta de acero de retracción</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando no se colocan mallas de acero en forjados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se producen grietas producto de cambios de temperatura y retracción del concreto</li> </ul>

Fuente: Astorga & Rivero (2009). Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Tabla 5 Errores en la fase de vaciado del concreto

<b>Errores en la fase de vaciado del concreto</b>	
<b>Defecto</b>	<b>Daño</b>

<p>Vibrado insuficiente del concreto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se producen vacíos en el concreto que limitan su adherencia con el acero y no garantizan una distribución uniforme de la mezcla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia heterogénea dentro del mismo elemento.</li> <li>• Incide en la deformación y ayuda a la formación de grietas.</li> <li>• Facilita la entrada de agua y humedad</li> <li>• El acero se encontrará expuesto a las acciones agresivas del medio ambiente.</li> </ul>
<p>Mezcla de concreto inadecuada</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto de mala calidad, concreto defectuoso, exceso de agua, empleo de aditivos perjudiciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuye la resistencia del elemento.</li> <li>• Se producen vacíos en el interior del elemento.</li> <li>• Falta de adherencia</li> <li>• Facilita la corrosión de la armadura</li> </ul>
<p>Curado defectuoso del concreto.</p>	<p>Provoca fisuras, falta de adherencia y resistencia del concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta los asentamientos.</li> <li>• Aumenta la retracción.</li> </ul>
<p>Encofrado y desencofrado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se mueve el encofrado durante el fraguado del concreto.</li> <li>• Cuando el desencofrado es inadecuado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se originan fisuras longitudinales en las vigas, más abiertas en la parte superior, y que se van cerrando a medida que desciende.</li> <li>• Si se desencofra prematuramente, se producen mayores deformaciones.</li> </ul>

Fuente: Astorga & Rivero (2009). Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Tabla 6 Errores en la construcción de estructuras de Acero

<b>Errores en la construcción de estructuras de Acero</b>	
<b>Defecto</b>	<b>Daño</b>
<p>Inadecuada protección del acero</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de recubrimiento o material protector del acero (pinturas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expone a los elementos de acero a los efectos del agua, aire, intemperie en general; ocasionando su corrosión, que conlleva a la disminución de su resistencia.</li> </ul>

<p>Defectos en las uniones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldaduras defectuosas (grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas, impurezas...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ocasionar grandes problemas en las estructuras, ya que las uniones representan un elemento fundamental.</li> <li>• Desplazamientos indeseados, disminución de la capacidad de resistencia, colapso total o parcial de la estructura.</li> </ul>
---	--

Fuente: Astorga & Rivero (2009), Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)



Gráfico 2 Deficiente unión del elemento metálico con el suelo. Fuente: Ayuntamiento de Ambato

Tabla 7 Errores en la construcción de elementos no estructurales

<b>Errores en la construcción de elementos no estructurales</b>	
<b>Defecto</b>	<b>Daño</b>
<p>Anclaje inapropiado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes, puertas y ventanas no anclados adecuadamente a la estructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento de los elementos mal anclados.</li> </ul>
<p>Incorrecta ejecución de los techos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden ocasionar filtraciones de agua, conllevando a daños</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de pendientes y solapes inadecuados</li> </ul>	importantes.
<p>Ubicación inapropiada de instalaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A veces se comete el error de perforar vigas o pilares para colocar instalaciones u otros elementos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecta la resistencia del concreto y de las armaduras de acero.</li> <li>• Causa deformaciones y redistribuciones de esfuerzos.</li> </ul>

Fuente: Astorga & Rivero (2009), Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)



Gráfico 3 Mala distribución de los compuestos del concreto, manifestación típica de un vibrado insuficiente. Fuente: Ayuntamiento de Ambato

### 3.1.4 Evaluar las reparaciones

Según López *et al* (López, Rodríguez, Santa Cruz, Torreño, & Ubeda, 2004), las reparaciones son un conjunto de actividades las cuales están orientadas a recuperar y modificar una edificación dañada o deteriorada para que cuente con la condición y funcionalidad para la que fue diseñada.

Las fisuras deberán ser corregidas tan rápido como sean identificadas y no solamente se deberá abordar a la patología sino también a las causas del problema central que son el medio y acciones internas o externas que originan las fisuras. El realizar una evaluación de fisura incorrecta puede

originar una incorrecta reparación por lo cual se podrían tener problemas en las estructuras.

Es necesario llevar a cabo los siguientes pasos, como una aproximación muy general para la evaluación de fisuras y grietas:

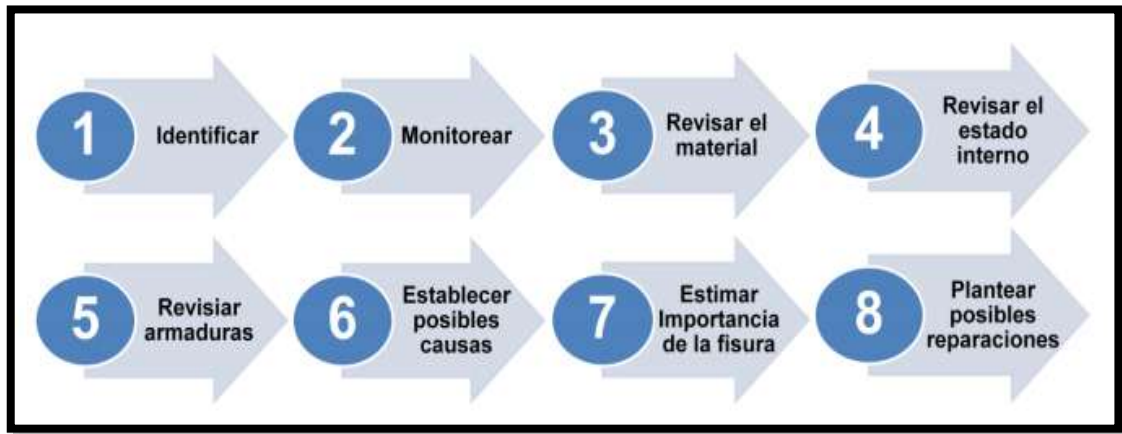


Gráfico 4 Pasos de Reparación. Fuente: (López, Rodríguez, Santa Cruz, Torreño, & Ubeda, 2004)

Los pasos que se deben realizar son los siguientes:

1. Identificar las ubicación, extensión y ancho de las fisuras, empleando un esquema de la estructura y rayando sobre él las ubicaciones. Identificar cualquier lesión, como descascaramientos, armaduras expuestas a la vista, deterioros superficiales y manchas de óxido.

2. Monitorizar el movimiento de las fisuras, determinar si son fisuras vivas o muertas. Deben tomarse fotografías y compararlas con el tiempo, también pueden hacerse marcas sobre el elemento fisurado o a través de aparatos especializados.

3. Revisar los planos, especificaciones y registros de construcción y mantenimiento para conocer la disposición de las armaduras originales, el espesor y la calidad del concreto. Estimar si existe algún error en el diseño o ejecución del proyecto.

4. Determinar la presencia de fisuras y vacíos internos y la profundidad de penetración de las fisuras visibles en la superficie. Para ello puede golpearse la superficie con un martillo, un sonido hueco indica la presencia de una o más fisuras debajo de la superficie y paralelas a la fisura superficial.
5. Determinar la presencia de armaduras (cantidad, características esenciales) cerca de la fisura. Hay aparatos para esto, sin embargo, se puede retirar el recubrimiento de concreto, usando taladros o cinceles.
6. Establecer las posibles causas de la fisuración. Si se sospecha de corrosión en la armadura, se debe retirar el concreto y observar directamente el estado del acero.
7. Intentar determinar si las fisuras observadas representan algún problema estructural actual o futuro, considerando las condiciones actuales y las condiciones de carga estimadas para el futuro. Tomar medidas al respecto (por ejemplo, si hay daños estructurales, desalojar la edificación e intervenir inmediatamente)
8. Plantear los posibles procedimientos de reparación.

### **3.1.5 Metodología de reparación de Estructuras**

Para una reparación estructural regularmente se utiliza los materiales más habituales en el mercado como son el concreto, hierro y madera. En patologías especiales por tratarse de edificaciones patrimoniales el proceso para identificar como intervenir con los materiales correctos es determinado según las necesidades particulares de cada caso. Además, es importante analizar diferentes procedimientos de técnicas de reparación utilizando materiales de construcción que proporcionen mejores acabados como inyección de lechada de base cemento, revestimientos monolíticos, silicatación, aceites, barnices e hidrofugantes de superficie, pinturas orgánicas, pinturas bituminosas y de alquitrán de hulla base epóxica, adhesivos y primer, selladores, productos para anclaje y remediar barras de



acero, concretos y morteros de fraguado/endurecimiento rápido, ladrillos anticorrosivos y morteros de azufre.

Sin embargo, siempre se debe considerar que los materiales utilizados mantengan las mismas características técnicas y físicas con las que fueron construidas originalmente. (Lago, 2015).

### **3.1.5.1 Reparación de Estructuras de Hormigón**

La reparación de una estructura de hormigón armado se da por la necesidad de prolongar la vida útil del bien, es decir reparar la estructura conforme se presentan daños o lesiones.

Los síntomas más comunes de deterioro de la obra realizada con hormigón son la fisuración, la disgregación y el entumecimiento.

Aunque la fisuración pueda ser síntoma patológico, se debe aclarar que, salvo obras enormemente simples, o adopción de medidas extremas, es un hecho que las obras de hormigón armado se fisuran. Ello implica una pérdida de estanqueidad, que puede permitir una circulación reducida pero continua de agua o aire en zonas del interior de la masa de hormigón. En determinados casos estos elementos pueden servir de acceso a agentes agresores, afectándose la durabilidad del hormigón y las armaduras.

Es por esto que se debe analizar el estado de las fisuras, pues se podría proveer su evolución y estimar la durabilidad máxima posible. El reconocimiento de la causa de la fisura es importante para poder realizar una reparación correcta y que la misma tenga un tiempo de durabilidad representativo. La verificación es indispensable porque permite analizar la necesidad o convencimiento de coser o no la fisura y el adoptar la estrategia correcta para mejorar la resistencia del hormigón.

Según Lago (2015), recomienda que las reparaciones y reconstrucciones efectuadas a obras públicas como puentes, viaductos, edificaciones grandes

y estadios polideportivos para poder proporcionar una vida útil de por lo menos 60 años.

Los métodos de reparación de hormigón pueden ser:

- Inyección de fisuras
- Vaciado y sellado
- Formación de junta y recubrimiento
- Grapado
- Cosido con bandas de fibra
- Otras actuaciones: Revestimiento y cicatrización

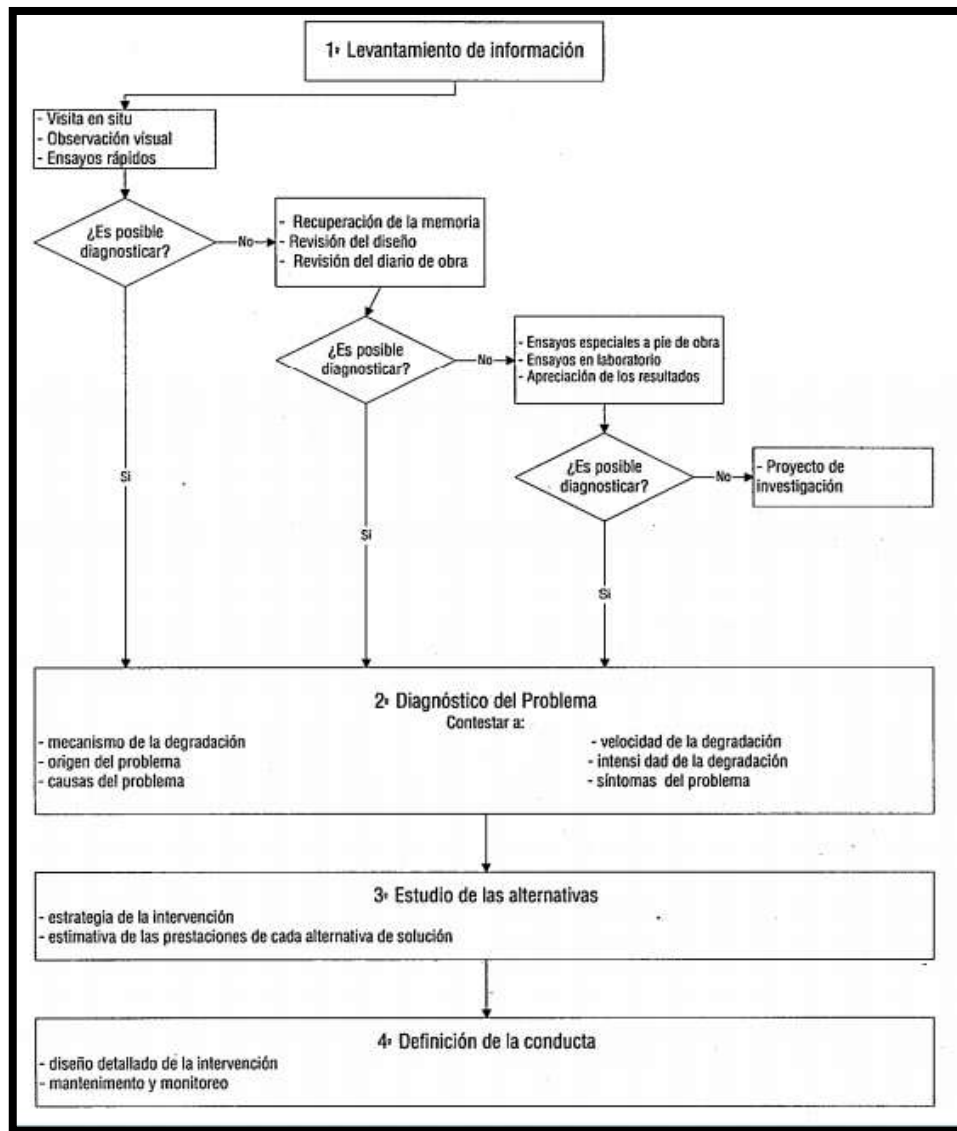


Gráfico 5 Diagrama de flujo representativo de los pasos a seguir en la reparación de estructuras de concreto. Fuente: (Landa, 2017, pág. 34)

### Inyección de fisuras

La reparación en base a inyección se realiza con el uso de resina epoxi o lechada, es mejor el uso de resina lechada cuando se requiere resistencia al fuego.



Gráfico 6 Inyección de fisuras con resina. Fuente: Ayuntamiento de Ambato

### Vaciado y sellado

Es una de las técnicas más simples ya que solo consiste en vaciar la resina en la cabeza de la fisura y luego proceder a limpiar con agua los bordes y sellar.

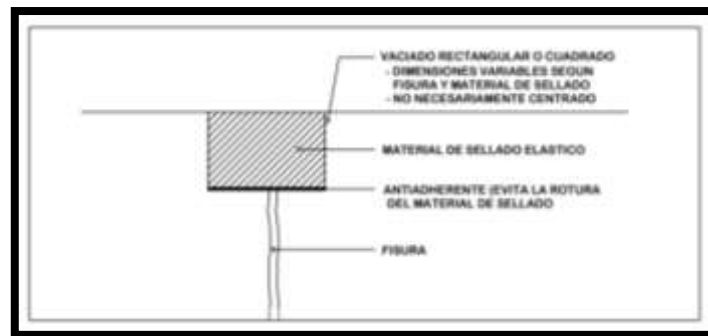


Gráfico 7 Vaciado y sellado de una fisura

### Formación de junta y recubrimiento

Ésta es una técnica que presenta semejanzas con la de vaciado y sellado, la única diferencia es que el objetivo no es solo sellar la fisura sino convertirla en una controlada y estanca.

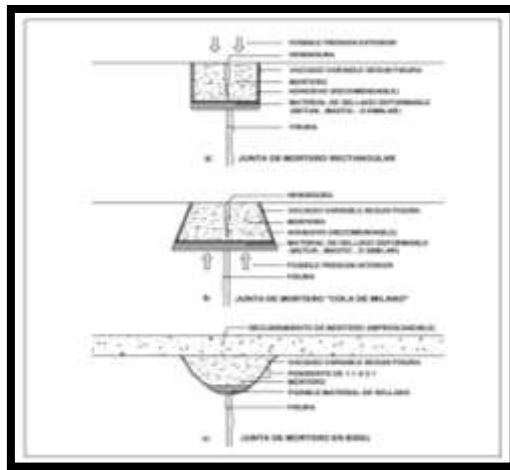


Gráfico 8 Juntas de mortero rectangular (a), en cola de milano (b), y en bisel (c). Fuente: (Landa, 2017)

### Grapado

Este un método con el cual se puede coser una fisura con grapas metálicas. El principal motivo es la capacidad de restituir, reforzar y por la resistencia original de la zona en la que se causó el daño.

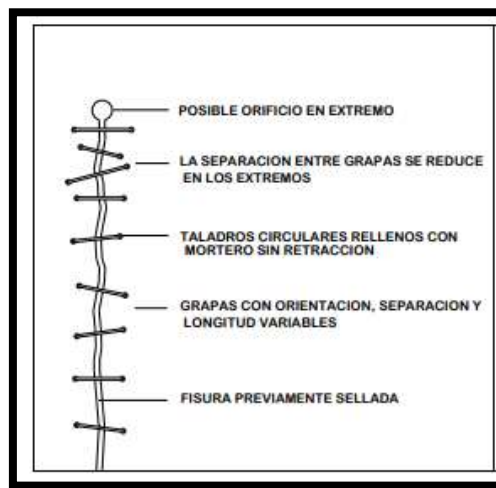


Gráfico 9 Grapado de una fisura. Fuente: (Landa, 2017)

### Cosido con bandas de fibra

Alternativamente al grapado de la fisura se puede realizar el cosido de la misma disponiendo de bandas de tejido de fibra de carbonato. Por ello, después de reparar y sellar la fisura, y de sanear y limpiar la superficie del

muro se debe impregnar resina epoxi fluida en las zonas donde se van a disponer las bandas

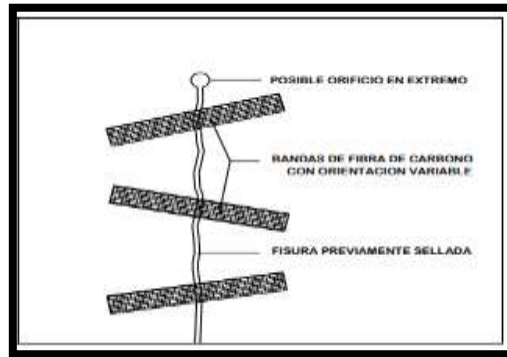


Gráfico 10 Cosido con bandas de una fisura. Fuente: (Landa, 2017)

### 3.1.5.2 Reparación de Estructuras de Madera

La reparación de aporte de madera aparece por las condiciones de ejecución donde la temperatura y la humedad son aquellos determinantes que garantizan la calidad. Para combatir los problemas se pueden realizar los siguientes métodos:

- Refuerzo con hormigón sobre el forjado de madera.
- Refuerzo con hormigón Forjado Colaborante
- Sustitución de elementos dañados
- Sustitución por elementos de acero
- Refuerzo de madera
- Sustitución por elementos de hormigón
- Refuerzo de elementos de madera mediante encolado con madera

Refuerzo de elementos de madera mediante elementos embebidos en formulaciones Epoxy. Refuerzo de elementos de madera con elementos metálicos clavados y atornillados. (Landa, 2017, pág. 34)



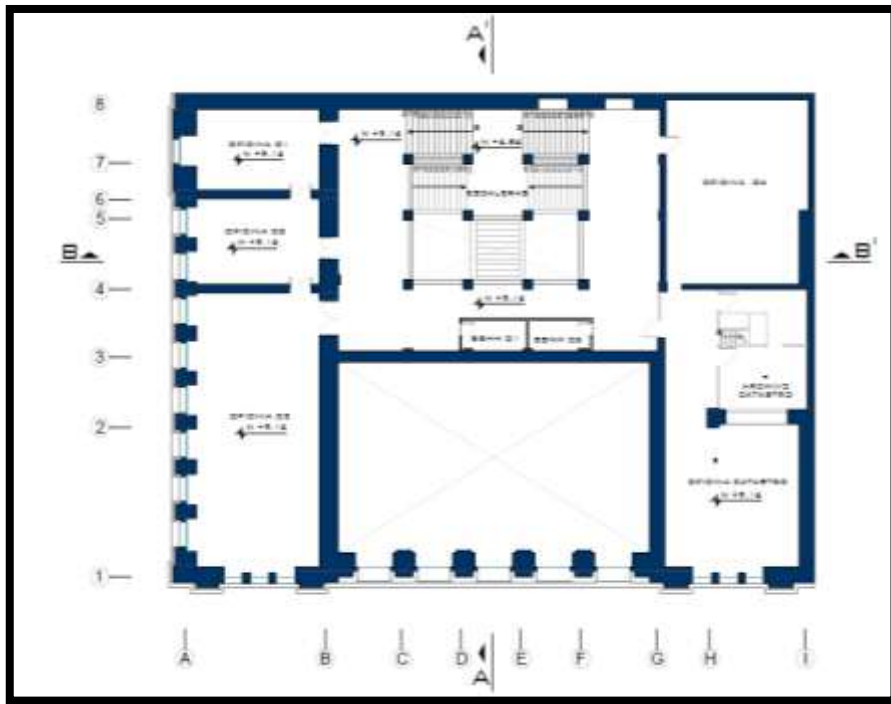


Gráfico 13 Segunda planta alta Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

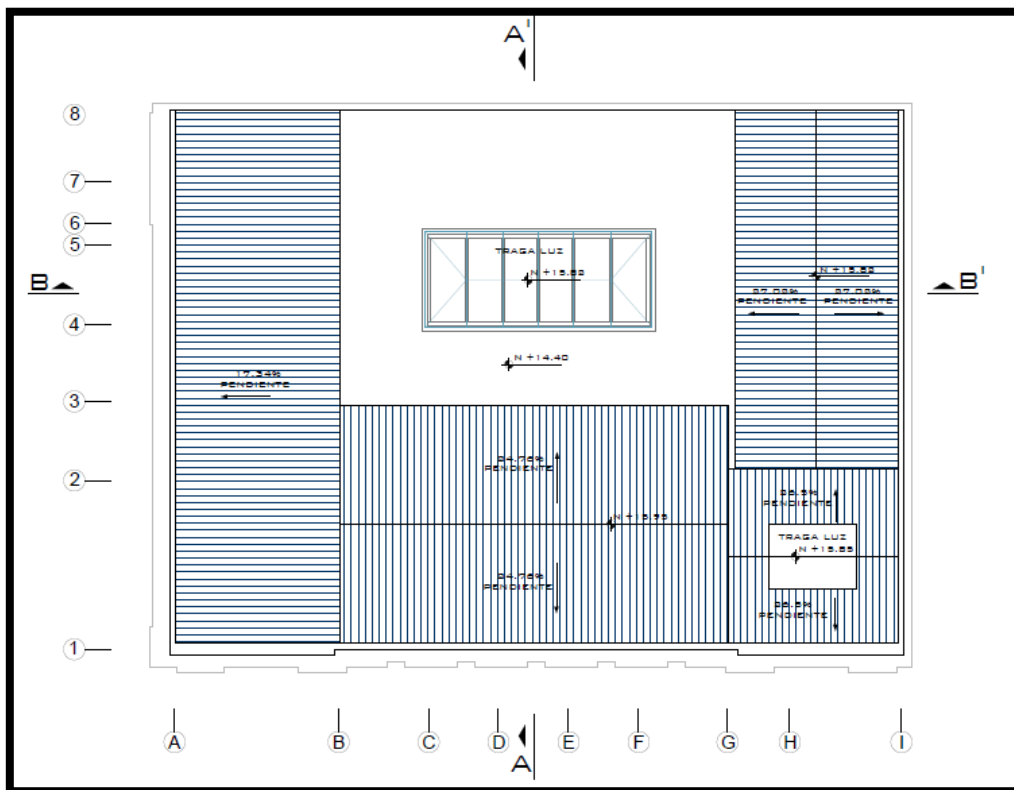


Gráfico 14 Planta de Cubierta. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)



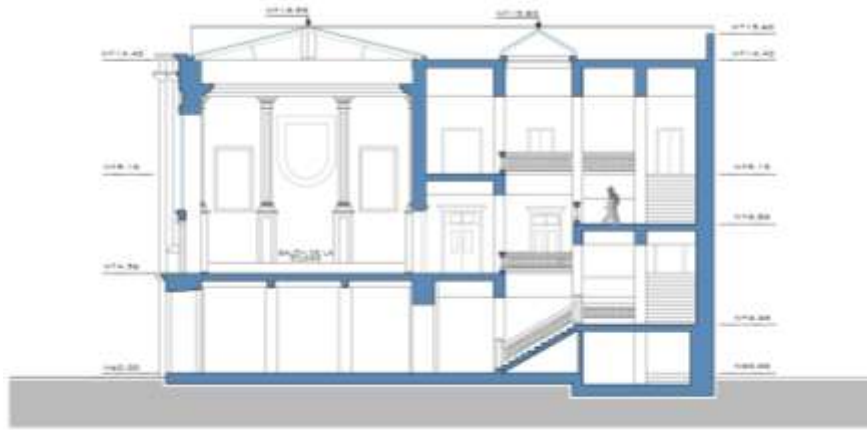


Gráfico 15 Corte A – A´. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

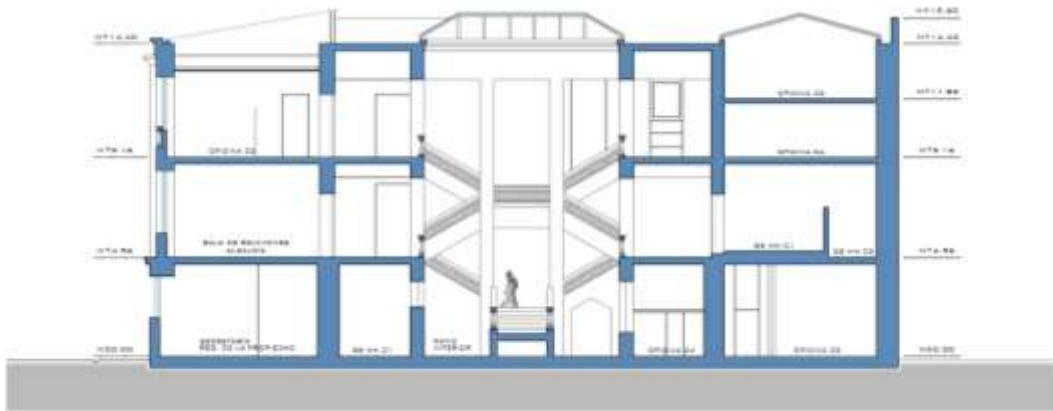


Gráfico 16 Corte B – B´. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)



Gráfico 17 Elevación Frontal. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

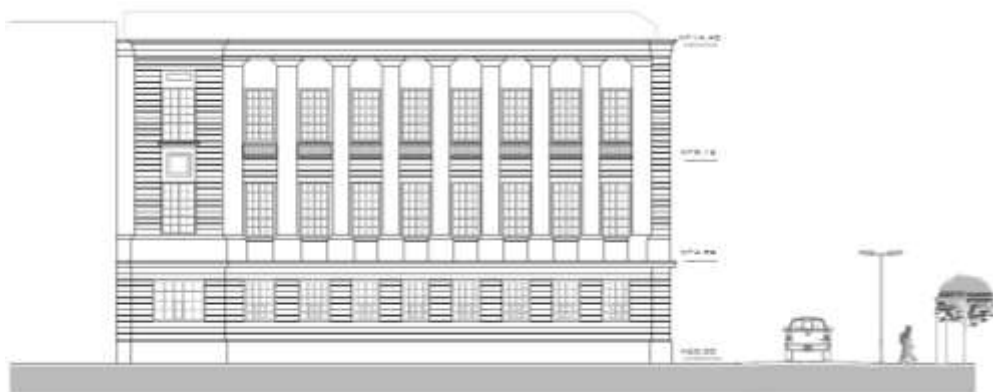


Gráfico 18 Elevación Lateral Derecha. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

#### 4.2 Descripción del edificio dentro del aspecto patrimonial

El edificio tiene 40 años como sede de la administración municipal de Ambato, siendo lugar de reuniones ciudadanas y sede de la alcaldía. Se encontraba en uso como sede del gobierno de la ciudad, conveniente para la sala del Consejo Municipal, de los despachos de alcalde y vice alcalde.

Esta edificación consta de tres plantas distribuidas en tres crujías, la frontal que es unión de las laterales, localizada en la calle Bolívar, como costa eje del Parque Montalvo y las otras dos perpendiculares a la calle Bolívar, como crujía a la calle castillo, formado esquina con las principales fachadas.

Cada uno de estos tramos, se componen de muros principales paralelos a las calles con contrafuertes o muros perpendiculares, que forman los diferentes ambientes del edificio. Paralelamente, se deja hacia el patio interior un corredor de distribución en cada nivel, que descansan en pilares que rodean al patio interior. Estos corredores funcionan únicamente a carga vertical: o entrepiso simplemente apoyado en los muros longitudinales y en pilares que no resisten cargas laterales que están conformadas con mampostería de un concreto con piedra.

El sistema resistente a carga vertical, se compone de los muros antes citados, muros portantes, cuyo material predominante es principalmente la piedra Pishilata, de origen volcánico similar a la piedra pómez, pero de mayor dureza y resistencia, que está situada en toda la superficie de las fachadas principales y otros sectores en el interior, pero que no se puede determinar totalmente por estar enlucidas la paredes, el resto se determina que son paredes de ladrillo.



Gráfico 19 Ayuntamiento Ambato 1927. Fuente: Benítez (2010)

La arquitectura patrimonial de Ambato es conocida por sus acabados y detalles arquitectónicos, es así que además de la rehabilitación estructural es importante conservar y dar constante manteniendo a la fachada del edificio, conservando su estructura y recuperando sus elementos

constitutivos como cubiertas, pisos y fachadas que actualmente se encuentran en franco deterioro, el patrimonio cultural de nuestra ciudad es fundamental por la recuperación de los inmuebles históricos y que los ciudadanos tengan su propia identidad (Municipio de Ambato, 2018).

### **4.3 Descripción del diagnóstico y tratamiento a efectuar**

Teniendo como base los conceptos y especificaciones sobre los daños, patologías y falencias estructurales, así como los agentes que lo ocasionan y manera de tratamiento se procede a centrarse en la descripción de los daños presentes en el Ayuntamiento de Ambato, y también se procederá a proponer las acciones de recuperación y reparación estructural.

#### **4.3.1 Intervención en la fachada**

La fachada ha sufrido a lo largo de los años una serie de afectaciones, algunas más dramáticas que otras, que en su conjunto han definido el actual aspecto del edificio.

Se he identificado dentro de estas afectaciones las que pueden ser revertidas incluyendo estas acciones dentro de nuestra propuesta.

##### **4.3.1.1 Fachada: apertura de vanos hasta el piso**

Los vanos, que en el proyecto original llegaban hasta el nivel de la acera, han sido tapiados parcialmente con la construcción de un antepecho alto, que no permite ninguna relación del interior con la calle (GAD Municipalidad de Ambato, 2015).

En consonancia con el cambio de uso propuesto, que plantea el Salón Ambato en planta baja, que, al ser un centro de difusión, promoción y encuentro entre el ayuntamiento y la ciudadanía, requiere la mayor transparencia y relación entre el interior y la calle.



Gráfico 20 Detalle del antepecho añadido en planta baja, cerrando los vanos. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato

#### 4.3.1.2 Pilares en plantas altas

Se propone reponer los pilares de planta alta que eran parte de la fachada del edificio previamente a su recorte de 1974, una vez derrocada la parte del inmueble que invadía la calle Bolívar frente al parque Montalvo, la fachada se recrea en los muros que, entonces, pasan a constituir la fachada del edificio frente al parque.

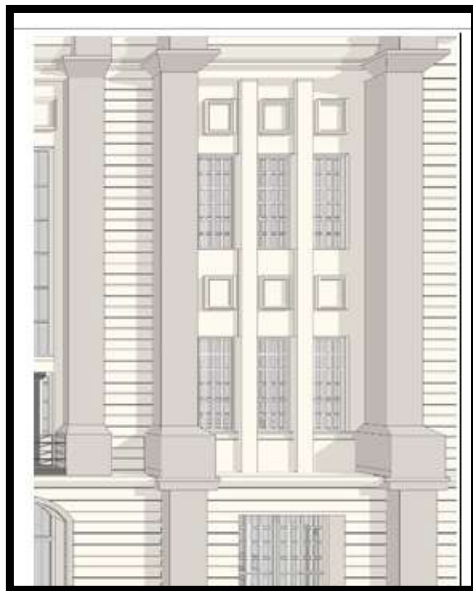


Gráfico 21 Columnatas restituídas en fachada recuperando la monumentalidad del edificio. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato

#### 4.3.1.3 Remate superior de la fachada

El edificio contaba con un remate de la fachada de piedra, construido con molduras salientes en piedra Pishilata, que en la intervención de 1974 desaparecen, al reconstruir la fachada retranqueada unos metros de su alineación original.

La propuesta plantea la reestructuración de esta parte del edificio, dotándole del remate superior que permite un cierre claro de la expresión arquitectónica historicista propia de este edificio.

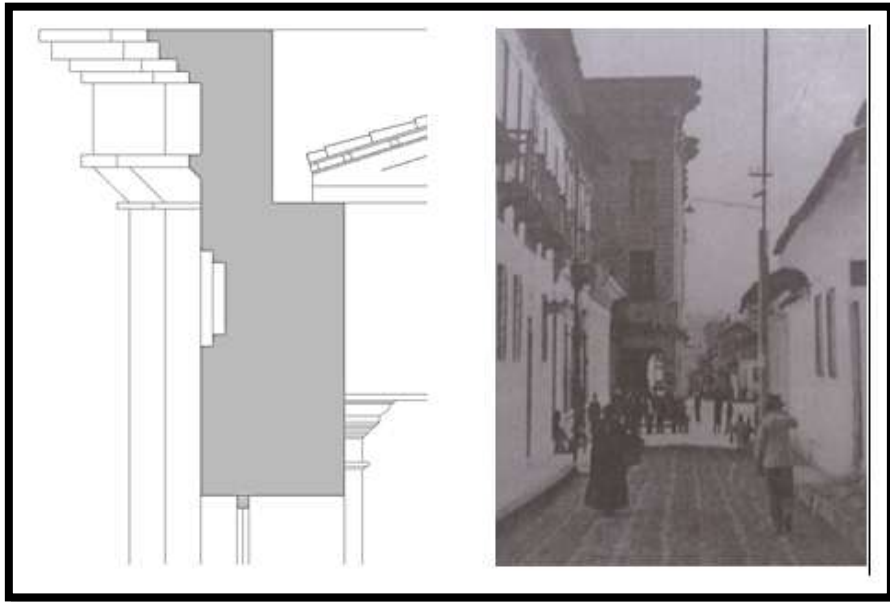


Gráfico 22 Detalle del friso de remate de la fachada restituído. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato

#### 4.3.2 Cubierta

Las cubiertas actualmente acabadas con placa de zinc, sin solución de continuidad entre ellas, se reconstruirán unificando la geometría en C, y recuperando el acabado en teja artesanal propia del centro histórico de Ambato, para poner en valor la “quinta fachada” del edificio.

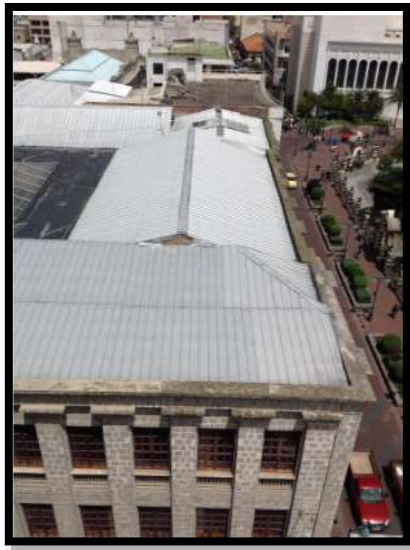


Gráfico 23 Cubiertas en su estado actual. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato

### 4.3.3 Cielos rasos y carpinterías

El edificio cuenta con cielos rasos metálicos decorativos en módulos cuadrados, que se restaurarán, sin desmontarlos, desde la parte superior una vez levantados los suelos de madera, que nos permitirá la instalación de las redes técnicas, una vez realizado este montaje, se tratará la superficie inferior de los paneles. Las planchas de cielo raso se encuentran en buen estado de conservación, por lo que no será necesaria ninguna sustitución de las mismas.



Gráfico 24 Cielo raso metálico. Fuente: GAD Ayuntamiento de Ambato

## **4.4 Agentes Ambientales**

En la inspección de edificios en cuanto a estructuras de madera se refiere, es muy importante la identificación del agente o agentes que causan la degradación, éstos pueden ser de origen físico o biológico. Los originados por causas físicas son bastante fáciles de detectar, pero no es así con los procedentes de agentes biológicos, que, por otra parte, suelen ser los más graves (Grupo Andino, 1984).

### **4.4.1 Agentes biológicos**

La madera, por su propia constitución o por los elementos que contiene, es fuente de alimentación de diferentes organismos que encuentran en ella los alimentos necesarios y por consiguiente la atacan. Estos pueden ser: Bacterias, Hongos, Insectos Xilófagos y Vertebrados Terrestres (Parra & Vásquez, 2014).

Según el Grupo Andino (1984), la intensidad y el modo de ataque de cada agente xilófago es diferente y resulta de gran interés para poder estimar la gravedad del daño en las piezas de madera y evaluar la pérdida de capacidad portante producida. Los agentes xilófagos o bióticos que atacan a la madera, son los hongos de pudrición que se presentan en las zonas en las que la humedad supera el 20% es decir en espacios que retienen humedad o zonas cercanas a las conducciones sanitarias defectuosas.

Las consecuencias de sus efectos son la destrucción de la madera en la zona afectada, en el caso de vigas o pares apoyados sobre muros se traduce en la pérdida de superficie de apoyo.

### **4.4.2 Agentes físicos**

De los agentes físicos que pueden degradar la madera los más importantes son: el agua y la humedad; la luz; el desgaste; el fuego. Sin embargo, cuando hablamos de estructuras de madera uno de los agentes que pueden provocar más daño es el mismo usuario (Parra & Vásquez, 2014).



#### 4.5 Inspección y documentación fotográfica

Es importante la recolección de información acerca de los problemas presentados por el inmueble, la misma que servirá como base para la reconstrucción del Ayuntamiento obra patrimonial de la ciudad de Ambato.

El proceso de recopilación de la información se realizó completamente a través del método observacional, es decir, una observación basada en hipótesis con el fin de llegar a un diagnóstico (García et al., 2010), para esto fue necesario la visita continua a la edificación de estudio. A través de este método, se determinaron las lesiones existentes para caracterizarlas dentro de un mismo grupo para independizar dichas lesiones o daños con el objetivo de seguirlos adecuadamente (Navarro & Pino, 2013).

Por medio de fichas, se recogen los datos de las patologías que afectan los diferentes componentes de la estructura, éstas se han clasificado en humedad, agrietamiento, cubierta deteriorada y desprendimiento. El grado de daño de los componentes mencionados con anterioridad se expresa en porcentaje (%), con la finalidad de eliminar subjetividades al momento de establecer el índice de deterioro.

En las siguientes tablas se presenta el esquema utilizado en la inspección realizada y la información obtenida:

Tabla 8 Principales deterioros en los elementos más afectados

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Principales deterioros</b>	<b>Daño %</b>
Elemento que presenta	Material que lo constituye		

Fuente: Investigador. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Tabla 9 Causas

<b>Elemento</b>	<b>Causas</b>	<b>%</b>
Elemento afectado	Posibles causas	

	percibidas en el entorno como humedad, agentes biológicos.	
--	--	--

Fuente: Investigador. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

#### 4.6 Diagnóstico y tratamiento

Las tablas mencionadas anteriormente, son importantes para disponer de una base sólida que describe y ubica los problemas encontrados, a partir de esto se puede realizar las fichas que describen el diagnóstico y la propuesta a efectuar, por los elementos afectados, y se detalla el diseño estructural como el proceso constructivo.

Este diagnóstico y determinación de su origen son importantes para poder saber el tipo de tratamiento que se debe seguir, en la actualidad existe muchos métodos de tratamiento para estructuras constituidas en épocas como el acero y el hormigón, para construcciones patrimoniales.

Para lo cual estas fichas son diseñadas para encontrar las lesiones encontradas con sus respectivas ubicaciones dentro del esquema de la edificación, descripción y causas sobre el origen de estas lesiones como se muestra a continuación la siguiente tabla a utilizar.

Tabla 10 Información General de la Edificación

<b>Ficha Técnica</b>	
<b>Obra:</b>	<b>Código:</b>
<b>Dirección:</b>	
<b>Uso actual:</b>	<b>Uso original:</b>
<b>Daño:</b>	<b>Ubicación:</b>
<b>Imagen del daño</b>	<b>Ubicación de la planta</b>

<b>Descripción</b>	
<b>Posibles causas:</b>	
<b>Pronóstico:</b>	
<b>Tratamiento:</b>	
<b>Observaciones:</b>	

Fuente: Elaboración propia. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Los puntos más importantes dentro de la ficha son sin duda los referentes al diagnóstico, ya que se puede establecer los posibles causantes que produjeron los daños, la solución que se plantee tratará de solucionar de la mejor manera para que no se produzcan las patologías identificadas.

El tratamiento para corregir dichos daños puede ser variado, actualmente existen al alcance de todos los profesionales y expertos en el área, materiales y métodos que permiten que la restauración de una estructura sea factible. Solamente es cuestión de buscar aquella que sea factible y se ajuste a las necesidades a solventar, la accesibilidad a la misma y sobre todo al factor económico que como en todo trabajo de ingeniería y arquitectura dese ser tomado en cuenta.

#### **4.7 Evaluación y diseño estructural**

En los últimos años se han introducido una gran cantidad de programas de software de diseño estructural basados en microcomputadoras comerciales. La mayoría de estos programas se han desarrollado para el diseño de un tipo particular de estructura o una metodología de diseño específica. Este artículo presenta una metodología de dos pasos para la evaluación general de sistemas de software de diseño estructural. El primer paso proporciona un medio rápido para la proyección inicial de los paquetes de software. El segundo paso emplea criterios de referencia y pruebas para la evaluación final y la calificación de un número seleccionado de paquetes. Se desarrolla un procedimiento tabular para resumir y presentar la información de evaluación (Adeli & Wilcoski, 1993).

Los problemas que causan irregularidades estructurales se investigan profundamente con soluciones dadas en la literatura. Se obtiene que los factores significativos que afectan el desempeño sísmico de las estructuras son: forma arquitectónica, configuración estructural, relación de esbeltez, ubicación y tasa de aperturas de piso, tasas de proyección y simetría, rigidez y diferencias de resistencia entre pisos, pilares cortos, efecto de golpeo. Implicaciones sociales: las reglas de decisión de diseño práctico pueden contribuir a los fenómenos del diseño arquitectónico resistente a terremotos y pueden fomentar la adopción de estas reglas en la industria de la construcción (Inan, 2011).

*“El análisis de un solo grado de libertad (SDOF) con resistencia elástica y plástica se utiliza a menudo para el diseño de estructuras de protección sometidas a cargas explosivas. Varios documentos como UFC 3-340-02 presentan diagramas de diseño para las respuestas máximas del sistema SDOF elástico-plástico. Los diagramas de diseño SDOF están disponibles para detonaciones de campo lejano, pero raras veces para detonaciones de alto campo de alto explosivo en aire libre, señalando que el foco del diseño de seguridad es el campo cercano. Además, la suposición de una carga distribuida uniformemente para el análisis SDOF puede no ser apropiada para las detonaciones de campo cercano donde la distribución de la presión de explosión varía significativamente con la distancia y el ángulo de incidencia (Shin & Lee, 2017)”.*

#### **4.8 Evaluación económica**

Las decisiones de inversión de las instalaciones representan los principales compromisos de los recursos corporativos y tienen graves consecuencias sobre la rentabilidad y la estabilidad financiera de una empresa. En el sector público, tales decisiones también afectan la viabilidad de los programas de inversión en instalaciones y la credibilidad de la agencia a cargo de los programas. Es importante evaluar las instalaciones racionalmente con

respecto a la viabilidad económica de proyectos individuales y los beneficios netos relativos de proyectos alternativos y mutuamente excluyentes (Carnegie Mellon University, 2016).

El análisis de costo-beneficio (CBA) es una de varias técnicas que proporcionan un marco dentro del cual los responsables de la toma de decisiones pueden evaluar las implicaciones de un proyecto en particular. El objetivo del enfoque es, cuando sea posible, poner un valor monetario sobre los beneficios que se espera que surjan a lo largo de la vida de un programa dado de gasto y compararlo con los costos que se espera incurrir. Si los beneficios esperados exceden los costos esperados, entonces hay una justificación económica para que el programa siga adelante, suponiendo que hay fondos suficientes para financiarlo y no hay proyectos en competencia con los que se compare de manera menos favorable (Cooke, 2015).

La fase conceptual de los proyectos de capital tiene una importancia estratégica: una evaluación económica en esta etapa temprana es fundamental para la toma de decisiones de los propietarios con información limitada. El presente estudio desarrolló un sistema completo pero práctico que puede usarse en una fase tan temprana para la evaluación económica de proyectos de construcción de edificios de capital. El sistema integra cuatro pasos analíticos: planificación de proyectos, estimación de costos de construcción, proyección de ingresos y gastos y evaluación económica (Kim & Seo, 2011).

## **5 FICHAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO**

Los procedimientos de recopilación de datos para cada registro deben estar claramente definidos y descritos en un manual detallado. El término manual aquí se refiere a la información de referencia en cualquier forma apropiada, incluyendo copia impresa, electrónica, o vía web interactiva o sistemas basados en software. Aunque los detalles de este manual pueden variar de un registro a otro según el propósito previsto, la información requerida

generalmente incluye protocolos, políticas y procedimientos; el instrumento de recolección de datos; y una lista de todos los elementos de datos y sus definiciones completas (Registros para evaluar los resultados de los pacientes: una guía del usuario [Internet]. 3ª edición.).

Si el registro tiene campos opcionales (es decir, campos que no deben completarse en cada registro), estos deben estar claramente especificados. Este capítulo se podrá apreciar la recopilación de datos y tratamiento de la información obtenida, un diagnóstico y el tratamiento de cada lesión o problema encontrado en el inmueble.

### 5.1.1 Fichas de recopilación de datos

Se ha recopilado información de manera general, describiendo la ubicación dentro del inmueble. De igual manera se observa en la tabla 11 las posibles causas encontradas para la generación de los deterioros, expresadas en porcentaje.

Tabla 11 Deterioros de los elementos más afectados

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Principales deterioros</b>	<b>%</b>
Fachadas	Adobe revestido de cemento	Agrietamiento	10
		Perdida del color	50
		Suciedad	80
Muros interiores	Adobe revestido de cemento	Deformaciones	60
		Perforaciones	30
		Humedades	40
Pilares	Hormigón reforzado	Agrietamiento	30
		Desgaste en la base	30
	Madera	Agrietamiento	20

		Porosidad por agentes biológicos	10
		Humedeada	20
Vigas	Madera	Pudrición	20
		Perdida de área	10
		Deformaciones visibles	20

Fuente: Investigador. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Tabla 12 Deterioros originados

<b>Elemento</b>	<b>Causas</b>	<b>%</b>
Fachadas	Falta de mantenimiento	40
	Agentes atmosféricos	20
Muros interiores	Falta de mantenimiento	50
	Humedad	60
Pilares	Falta de mantenimiento	70
	Agentes atmosféricos	40
	Agentes biológicos	50
	Aumento de cargas	5
Vigas	Sobrecarga de la estructura	40
	Infiltración de agua	50
	Agentes biológicos	30
	Falta de mantenimiento	80

Fuente: Investigación directa. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

### 5.1.2 Fichas de diagnóstico y tratamiento

El tratamiento para corregir dichos daños puede ser variado, actualmente existen al alcance de todos los profesionales y expertos en el área, materiales y métodos que permiten que la restauración de una estructura sea factible. Solamente es cuestión de buscar aquella que sea factible y se ajuste a las necesidades a solventar, la accesibilidad a la misma y sobre todo al factor económico que como en todo trabajo de ingeniería y arquitectura debe ser tomado en cuenta.

Debido a que las lesiones estructurales de la edificación se repiten en algunos sitios, se recopilaron los datos de manera general con una descripción de la ubicación. A continuación, en la tabla 13 Se observa los principales deterioros en los elementos más afectados.

Tabla 13 Deterioros de los elementos más afectados

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Principales deterioros</b>	<b>%</b>
Fachadas	Adobe revestido de cemento	Agrietamiento	10
		Perdida del color	50
		Suciedad	80
Muros interiores	Adobe revestido de cemento	Deformaciones	60
		Perforaciones	20
		Humedades	30
Pilares	Hormigón reforzado	Agrietamiento	10
		Desgaste en la base	30
	Madera	Agrietamiento	20
		Porosidad por agentes biológicos	10
		Humedad	20
Vigas	Madera	Pudrición	20
		Perdida de área	10
		Deformaciones visibles	20

Fuente: Investigación directa. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)



De igual manera se observa en la tabla 13 las posibles causas encontradas para la generación de los deterioros, expresadas en porcentaje.


Tabla 14 Causas de los deterioros encontrados

<b>Elemento</b>	<b>Causas</b>	<b>%</b>
Fachadas	Falta de mantenimiento	60
	Agentes atmosféricos	20
Muros interiores	Falta de mantenimiento	50
	Humedad	60
Pilares	Falta de mantenimiento	70
	Agentes atmosféricos	40
	Agentes biológicos	50
	Aumento de cargas	10
Vigas	Sobrecarga de la estructura	20
	Infiltración de agua	30
	Agentes biológicos	40
	Falta de mantenimiento	80

Fuente: Investigación directa. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

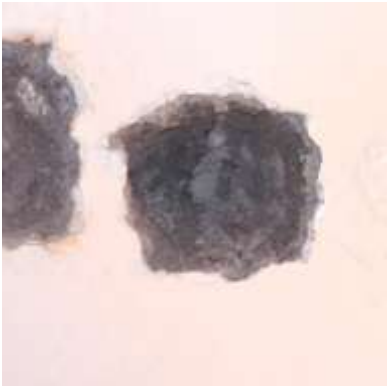
### 5.1.3 Fichas técnicas

Ficha técnica #1: Manchas por humedad

<b>Ficha Técnica de Estudio</b>	
<b>Proyecto:</b> Propuestas de rehabilitación estructural del ayuntamiento de Ambato	<b>Código:</b> 100
<b>Dirección:</b> Bolívar y Castillo	
<b>Uso actual:</b> Gobernación	<b>Uso original:</b> Ayuntamiento de Ambato
<b>Daño:</b>	<b>Ubicación:</b>
	Escalinas
<b>Descripción</b>	Manchas y suciedad Aparición de moho
<b>Posibles causas:</b>	El principal causante que provoca este daño, es la humedad atmosférica.  En la zona se observa filtración de humedad que proviene de los pisos aledaños. Dicha humedad proviene de la filtración de agua lluvia que no solo produce este desgaste en el muro sino afecta al entrepiso y parte de las vigas que lo sostienen.
<b>Pronóstico:</b>	Daños internos y agrietamiento interior
<b>Tratamiento:</b>	Limpieza de las paredes  Recubrimiento con cemento  Reconstrucción de zonas destruidas  Colocación de capas impermeables
<b>Observaciones:</b>	Presencia de humedad a lo largo de las escaleras de hormigón


Fuente: Investigación directa. Elaborado por: GAD Ayuntamiento de Ambato; Quintana, Andrés (2018)

Ficha técnica #2: Resquebrajamiento

<b>Ficha Técnica de Estudio</b>	
<b>Proyecto:</b> Propuestas de rehabilitación estructural del ayuntamiento de Ambato	<b>Código:</b> 200
<b>Dirección:</b> Bolívar y Castillo	
<b>Uso actual:</b> Gobernación	<b>Uso original:</b> Ayuntamiento de Ambato
<b>Daño:</b>	<b>Ubicación:</b>
	Pilar sin refuerzo exterior
<b>Descripción</b>	<p>Humedad excesiva</p> <p>Desprendimiento de recubrimiento</p> <p>Agrietamiento</p>
<b>Posibles causas:</b>	El causante principal es el factor ambiental ya que existe filtración de agua a través del material de construcción
<b>Pronóstico:</b>	Daños internos y agrietamiento exterior
<b>Tratamiento:</b>	<p>Sellar con yeso la fisura</p> <p>Limpiar el exterior</p> <p>Reconstrucción de zonas destruidas</p> <p>Colocación de capas impermeables</p>
<b>Observaciones:</b>	Está situada en toda la superficie de las fachadas principales y otros sectores en el interior, pero que no se puede determinar totalmente por estar enlucidas las paredes

Fuente: Investigación directa. Elaborado por: GAD Ayuntamiento de Ambato; Quintana, Andrés (2018)

Ficha técnica #3: Resquebrajamiento

<b>Ficha Técnica de Estudio</b>	
<b>Proyecto:</b> Propuestas de rehabilitación estructural del ayuntamiento de Ambato	<b>Código:</b> 300
<b>Dirección:</b> Bolívar y Castillo	
<b>Uso actual:</b> Gobernación	<b>Uso original:</b> Ayuntamiento de Ambato
<b>Daño:</b>	<b>Ubicación:</b>
	Muro con apoyo en viga
<b>Descripción</b>	Ruptura de las vigas de madera Suciedad y manchas de moho
<b>Posibles causas:</b>	El principal causante que provoca este daño, son agentes biológicos como termitas y bacterias biodegradables de la madera  Otro posible causante, es la humedad que facilita la proliferación de los agentes biológicos
<b>Pronóstico:</b>	Daños internos y agrietamiento exterior
<b>Tratamiento:</b>	Limpieza de la zona afectada  Cambio de las vigas  Reconstrucción de zonas destruidas  Colocación de capas impermeables
<b>Observaciones:</b>	Tienen la estructura compuesta de vigas de madera, recubiertas con un entablado y con cielo raso inferior. Hay ciertas variaciones, especialmente en pisos de baños que están formados por forjados de hormigón armado, especialmente en los sitios de los servicios higiénicos

Fuente: Investigación directa. Elaborado por: GAD Ayuntamiento de Ambato; Quintana, Andrés (2018)

En los elementos de hormigón armado, se puede identificar la presencia de acero tanto en pilares como en vigas y forjado de gradas.

Existe un recubrimiento superior a 10 cm en vigas y pilares de tal forma que imposibilita identificar la sección de los elementos antes mencionados y la localización del acero de refuerzo, sin embargo, se manifiesta la existencia del mismo en profundidades superiores de 11 y 12 cm.

Los pilares del hall de ingreso tienen una dimensión de 62x71cm y una luz desde el suelo hasta la viga de 4.40 y se determina la existencia de acero de refuerzo a una profundidad mayor de 12 cm.

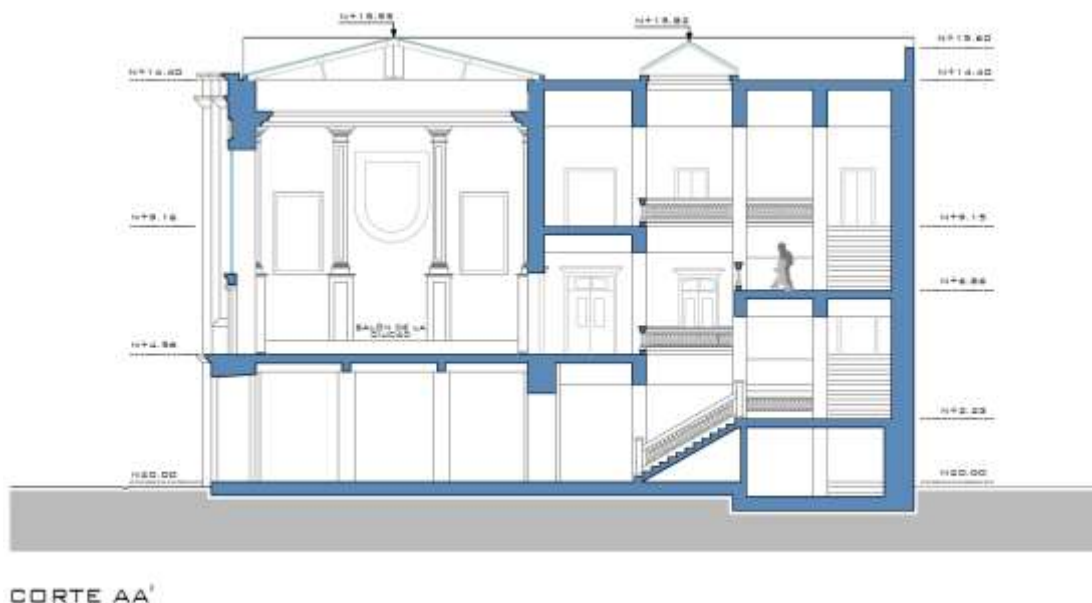


Gráfico 19 Corte transversal. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Los pilares de la grada tienen dimensiones de 63x62cm y 66x60cm con una altura libre de 3.50m. Se determina la existencia del acero en los pilares determinándose la existencia a una profundidad mayor de 12 cm. (GAD Municipalidad de Ambato, 2015).

#### 5.1.4 Resultados

Los pilares de la grada correspondientes a los ensayos 5 y 6, presentan dimensiones de 63x62cm y 66x60cm respectivamente con una altura libre de 3.50m (de suelo a viga). De igual manera se realiza el escaneo en todas las caras de los pilares determinándose la existencia de acero a una

profundidad mayor de 12.1cm. En el pilar del ensayo 6 se encuentra en dos caras de la misma la existencia de acero a una profundidad entre 1 y 3 cm, localizándose acero en masa (en forma continua) en una de las caras a 48cm medido de izquierda a derecha. En otra cara del pilar se encuentra igual acero en masa a una distancia de 25cm medido de derecha a izquierda.

Las vigas de los ensayos 7 y 8 ubicadas en el Hall de ingreso son vigas de hormigón armado recubiertas con pintura color madera, tienen dimensiones de 25cm de base x30cm de descuelgue, se realizó el ensayo logrando determinar la existencia de tres varillas longitudinales a una separación entre las mismas de 9cm con un recubrimiento de 33 y 38 mm sin determinarse su diámetro por la cercanía de las varillas. También se logra determinar la presencia del refuerzo transversal con un recubrimiento de 21 y 37mm, con un diámetro entre 16 y 18 mm a un espaciamiento entre 25 y 30 cm.

En los ensayos 13 y 14 se escaneó las vigas de la segunda planta, que tienen dimensiones de 60cm de base y 1.5 m de altura en las mismas que se determina la presencia de acero, pero a profundidades mayores de 11.9 cm.

Finalmente se escaneó una viga de la grada, que presenta 25cm de base con 15cm de altura donde se encontró hierro longitudinal de 10-12 mm de diámetro con un recubrimiento de 4.9 cm. Hierro transversal con recubrimiento de 6.3 cm, ubicado cada 20cm y con un diámetro aproximado de 10mm.

Los entrepisos tienen la estructura compuesta de vigas de madera, recubiertas con un entablado y con cielo raso inferior. Hay ciertas variaciones, especialmente en pisos de baños que están formados por forjados de hormigón armado, especialmente en los sitios de los servicios higiénicos. Todos los entrepisos de madera están en regular estado denotando que las vigas de madera que han sufrido mucha deformación

debieron ser reemplazadas. Por información se sabe que hay composturas y reparaciones a lo largo del tiempo.



Gráfico 25 Viguetas entrepiso. Fuente: Ayuntamiento de Ambato



Gráfico 26 Apoyo de viguetas en muros. Fuente: Ayuntamiento de Ambato



Gráfico 27 Muro intermedio con apoyo de viga de repartición. Fuente: Ayuntamiento de Ambato

En el Hall de entrada, se encuentran en el entrecimpo, vigas que soportan el salón superior y que han sido reemplazadas con vigas de hormigón armado

que seguramente son construidas en la reconstrucción luego del terremoto de 1949. Estas vigas están en muy buen estado y no requieren de reforzamiento.



Gráfico 28 Vigas del Hall de ingreso de hormigón armado con acabado de madera. Fuente: Ayuntamiento de Ambato

Se ha realizado un estudio de los refuerzos de acero en pilares y vigas que son de hormigón armado, mediante un escaneo electrónico (ver anexo 4), para tener una idea del tipo de construcción, obteniendo muy poca información de vigas y de un refuerzo vertical central en pilares, como por ejemplo un riel que en la época se utilizaba. Debido a esto se ha realizado los análisis mediante aproximaciones en las propiedades de sus materiales.

## **6 ANÁLISIS DIAGNOSTICO**

La documentación gráfica conseguida en grafico siguiente nos permite situar los elementos estructurales más solicitados.



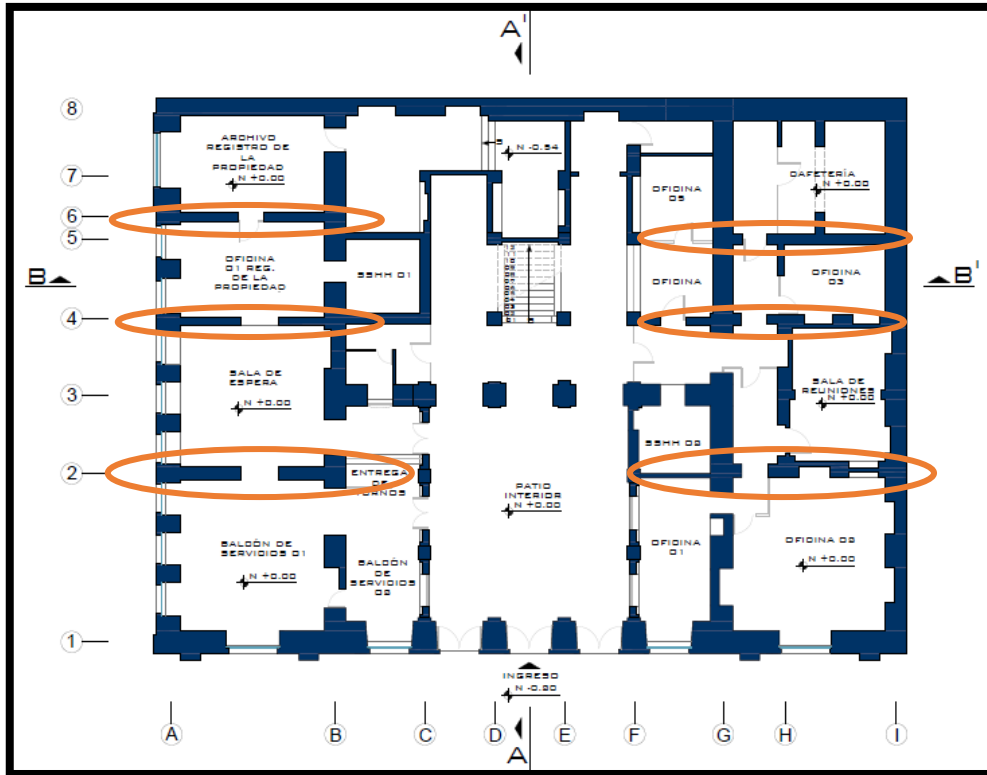


Gráfico 29 Planta con ejes de la estructura. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

La propuesta de rehabilitación estructural nos conlleva a la implementación de pórticos que se colocarán como reforzamiento de en lugar de los muros existentes, ya que algunos presentan gran deterioro, muros correspondientes a los ejes 2, 4 y 6, para que no se disminuya su resistencia original, es así que se logrará implementar un nuevo uso al edificio. Además, por las características físicas y técnicas de la piedra pishilata y después de someter el edificio a un análisis estático mediante SAP 2000 se logró identificar la reacción a diferentes estados de carga, siendo el más crítico el estado de carga muerta adicional:

## 6.1 ANÁLISIS ESTÁTICO EN SAP 2000 V 20

### Datos

#### Materiales Principales

MATERIAL DE MUROS:	<b>PIEDRA PISHILATA,</b>	PESO MATERIAL:	<b>1.8 T/m3</b>
MODULO DE ELASTICIDAD	20000	Kg/cm2	<b>(aproximado)</b>
ESFUERZO COMPRESION	36.8	Kg/cm2	
ESFUERZO CORTE	9.59	Kg/cm2	
PESO MADERA	1.00	T/m3	
CARGA MUERTA ADICIONAL	0.05	T/m2	(cielo raso)
CARGA VIVA	0.25	T/m2	
FORJADOS	0.10	T/m2	

Esfuerzos en Kg/m2 Edificio Central Gobierno Autónomo Descentralizado Ayuntamiento de Ambato para los distintos estados de carga:

Cabe mencionar que como se ha podido evidenciar es imposible determinar la tipología del edificio ya que sus pórticos actuales están constituidos de hormigón armado y de estructura metálica, que por motivo del terremoto de 1949, fueron implementados todos estos elementos estructurales sin previo estudio necesario para una edificación patrimonial.

## PESO PROPIO:

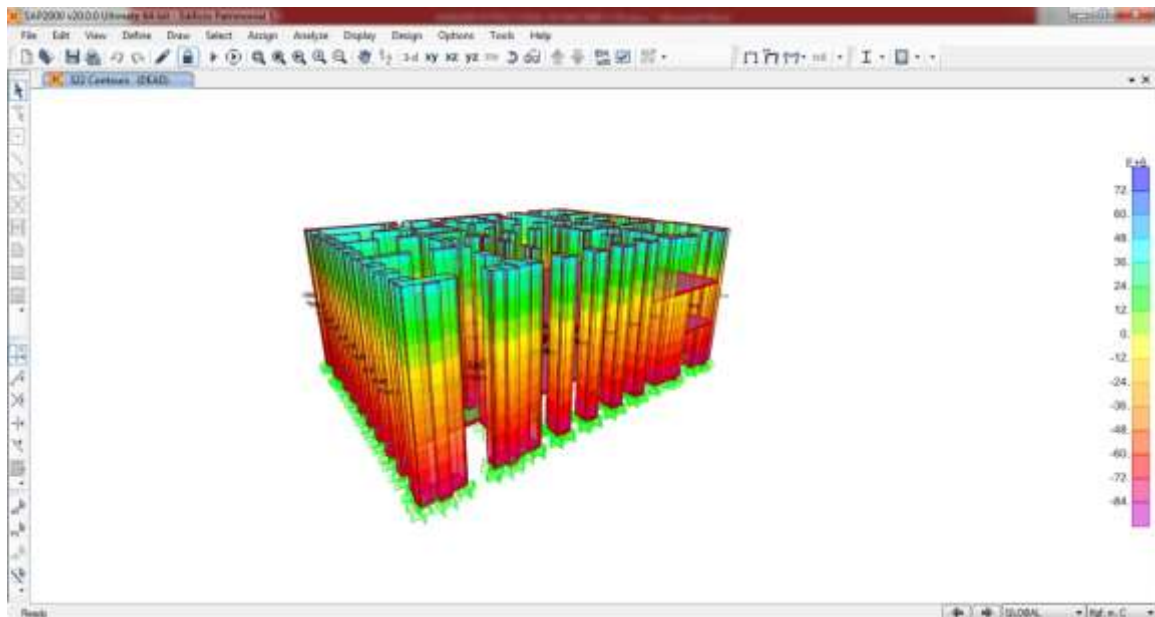


Gráfico 21 Análisis peso propio. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

## CARGA VIVA DE 250 KG/m2:

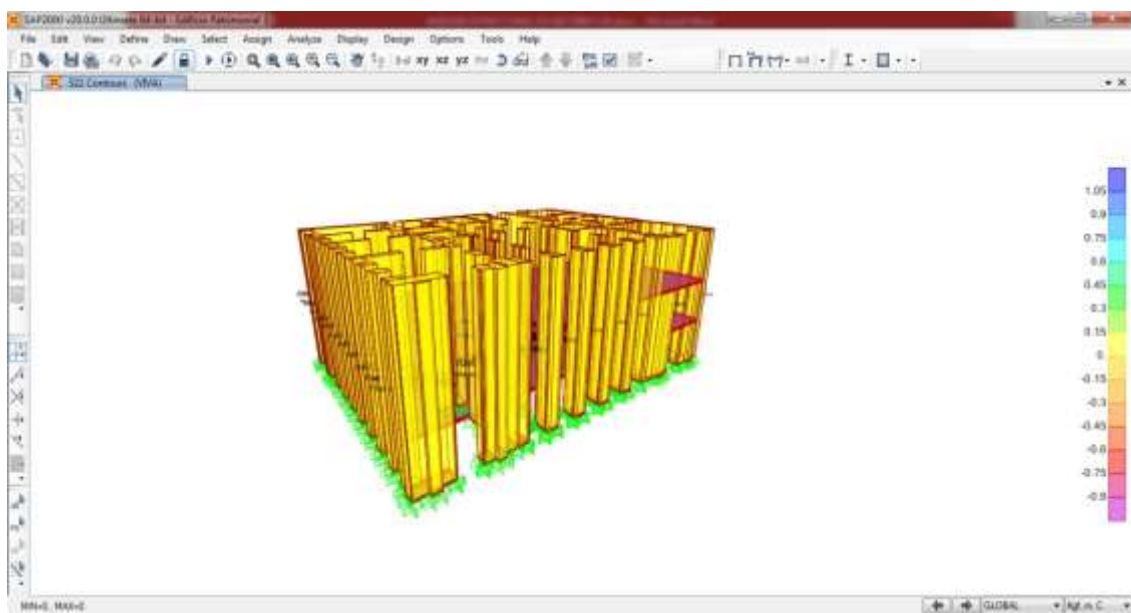


Gráfico 22 Análisis carga viva. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

## CARGA MUERTA ADICIONAL:

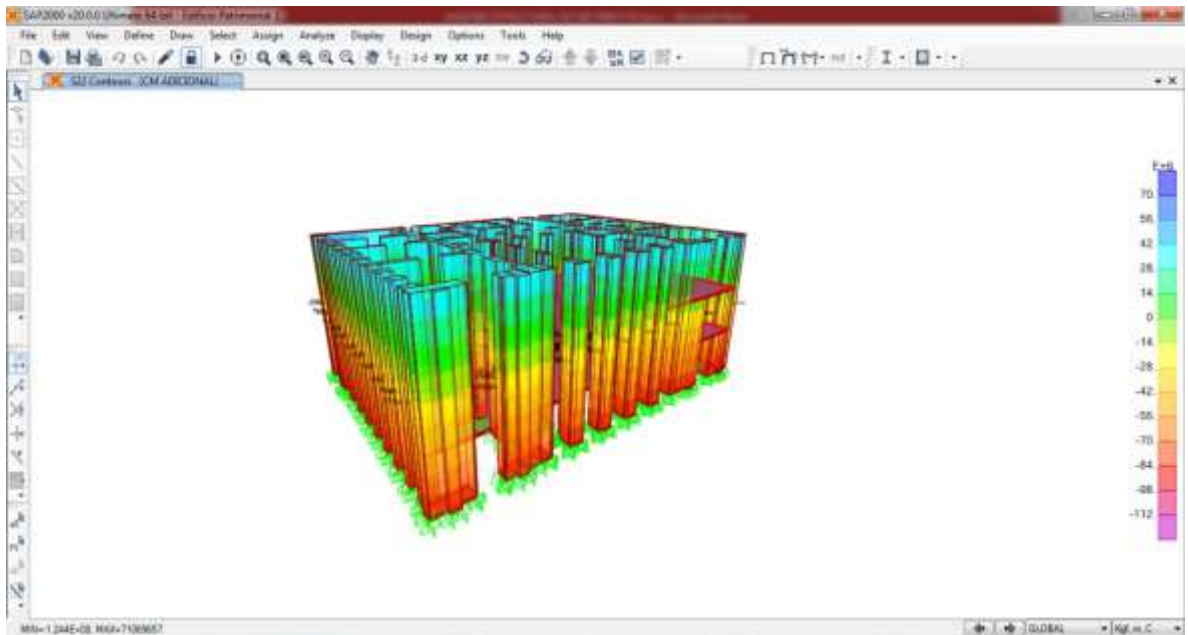


Gráfico 23 carga muerta adicional. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

## SISMO EN X (PERÍODO DE RETORNO = 475 AÑOS):

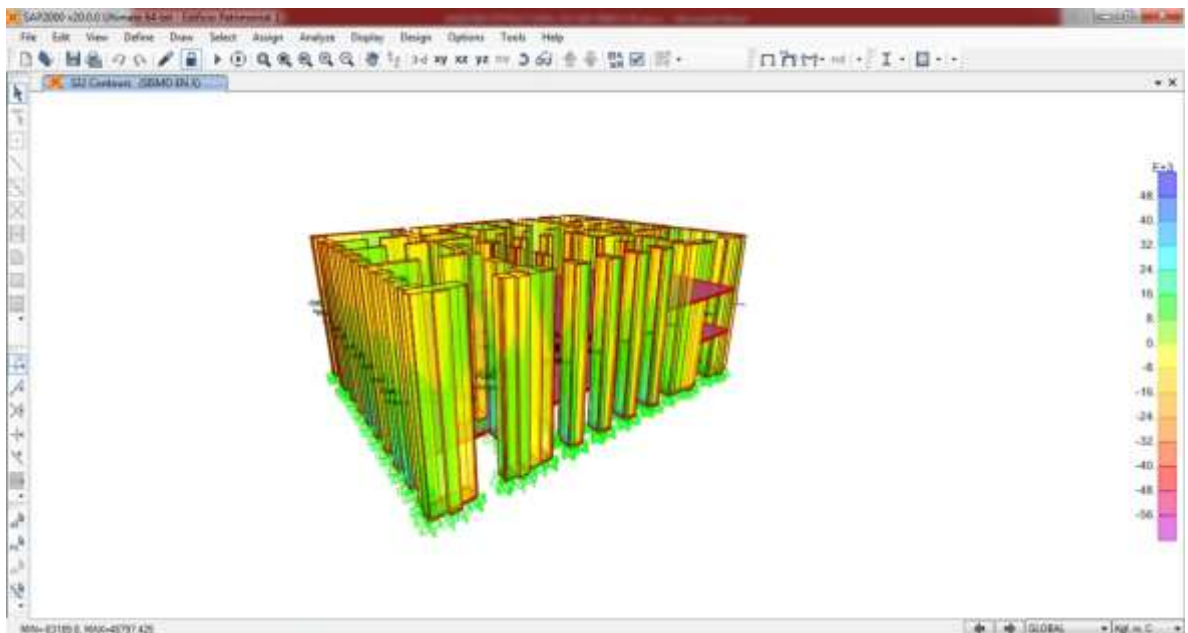


Gráfico 24 Análisis sismo en Y. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

## SISMO EN Y (PERÍODO DE RETORNO = 475 AÑOS):

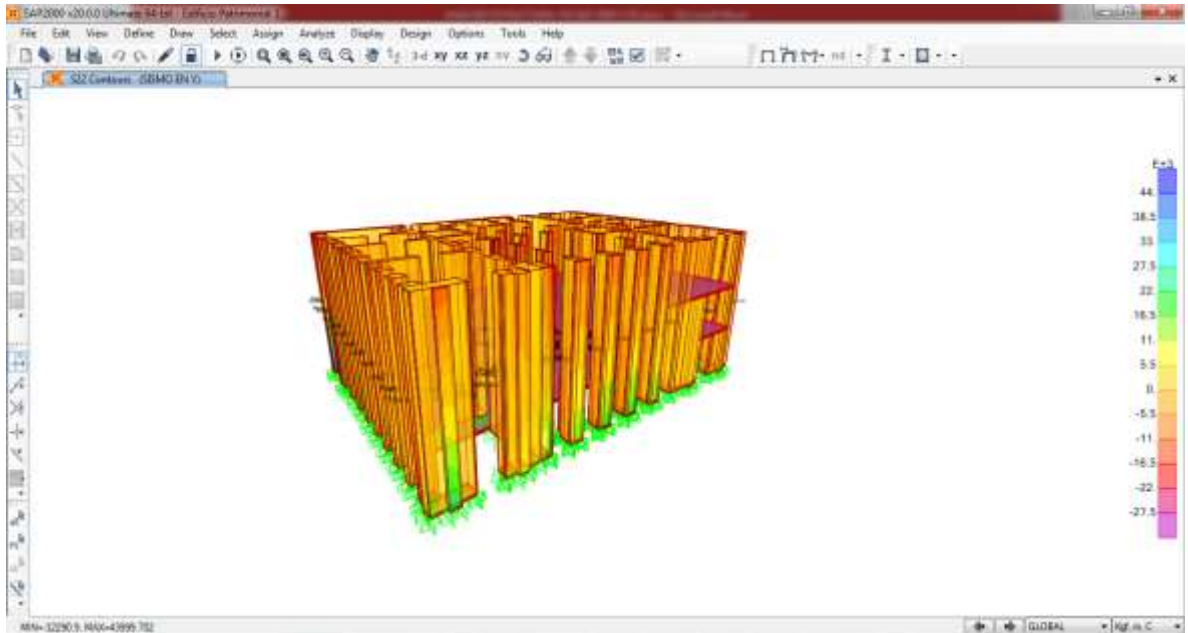


Gráfico 25 Análisis sismo en Y. Elaborado por: Quintana, Andrés (2018)

Cabe mencionar que de acuerdo a las características físicas y técnicas de los muros de piedra Pishilata cementados con un mortero de cal y cemento, es imposible realizar cálculos más exactos para obtener datos que sirvan para la implementación correcta de elementos estructurales que permitan la rehabilitación estructural del edificio de una manera más educada .

Es así que para se deberá realizar pruebas y ensayos a una escala real para determinar los valores de módulo de elasticidad, resistencias a compresión y cortante del material.

En relación a los desplazamientos son muy pequeños gracias a que goza de una estructura de muros portantes muy rígidos y elementos de hormigón armado realizados.

## Ejemplos de muros en varias construcciones de la ciudad de Ambato



Gráfico 30 Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones. Fuente: Ayuntamiento de Ambato



Gráfico 31 Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones. Fuente: Ayuntamiento de Ambato



Gráfico 32 Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones con conglomerado interior heterogéneo. Fuente: Ayuntamiento de Ambato



Gráfico 33 Base de piedra andesita al parecer de un Muro DE PISHILATA típico de estas construcciones. Fuente: Ayuntamiento de Ambato



Gráfico 34 Construcción más o menos uniforme de este tipo de construcciones.

Fuente: Ayuntamiento de Ambato







- $\gamma_{\text{hormigón}} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (Tomado de ACI 318-14\_Cap. 2\_Sección 2.3\_pg: 3))

**concreto de peso normal (normalweight concrete)** — En general, el concreto de peso normal tiene una densidad (peso unitario) entre 2155 y 2560 kg/m<sup>3</sup>, y comúnmente se toma entre 2320 y 2400 kg/m<sup>3</sup>

- $E_c = 13100 * \sqrt{f'c}$  (Fórmula tomada de experimentos realizados en la UTA por el área de Estructuras.)

## PREDISEÑO DEL FORJADO

**Fórmula tomada de ACI 318S-14, página 106: Tabla 8.3.1.2- Espesor mínimo de los forjados de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados\_pg 104.**

**Tabla 8.3.1.2 — Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados**

$\alpha_{fn}$ <sup>(1)</sup>	Espesor mínimo, $h$ , mm		
$\alpha_{fn} \leq 0.2$	Se aplica 8.3.1.1		(a)
$0.2 < \alpha_{fn} \leq 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fn} - 0.2)}$	(b) <sup>(2),(3)</sup>
		125	(c)
$\alpha_{fn} > 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d) <sup>(2),(3)</sup>
		90	(e)

<sup>(1)</sup>  $\alpha_{fn}$  es el valor promedio de  $\alpha_f$  para todas las vigas en el borde de un panel y  $\alpha_f$  se calcula de acuerdo con 8.10.2.7.  
<sup>(2)</sup>  $\ell_n$  corresponde a la luz libre en la dirección larga, medida cara a cara de las vigas (mm).  
<sup>(3)</sup> El término  $\beta$  es la relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de la losa.

$$\beta = \frac{\text{luz larga}}{\text{luz corta}}$$

$$h(\text{cm}) = \frac{\ell_n * \left( 0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 9 * \beta}$$

$$h(\text{cm}) = \frac{770 \text{ cm} * \left( 0.8 + \frac{4200 \text{ kg/cm}^2}{14000} \right)}{36 + 9 * \left( \frac{770}{750} \text{ cm} \right)} = 18.72 \text{ cm}$$

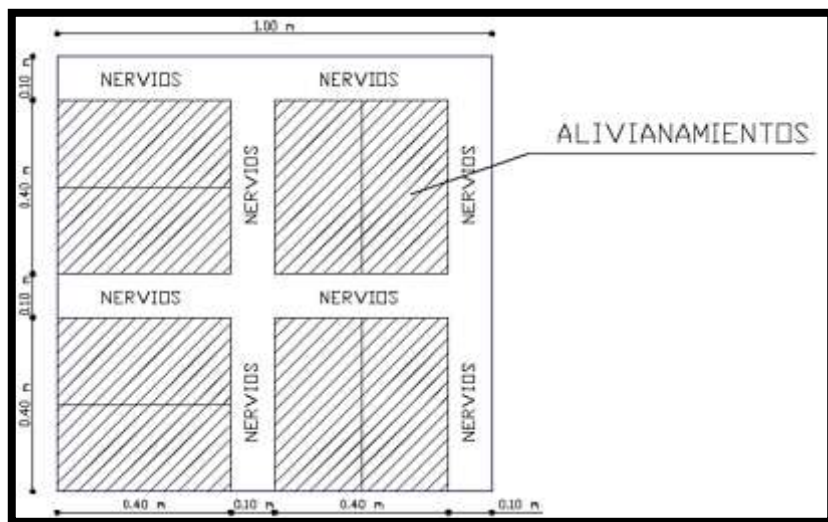
## CUANTIFICACIÓN DE CARGAS DEL FORJADO

Asumir un forjado de 20 cm



ELEMENTO	UNIDADES	ALTURA (H) [m]	ESPESOR [m]	LONGITUD [m]	PESO ESPECÍFICO [kg/m <sup>3</sup> ]	PESO POR CADA m <sup>2</sup>
Loseta		1	0.05	1	2400	120
Nervios	-	0.1	0.1	3.6	2400	86.4
Alivianamientos	8	-	-	-	8	64
Alisado Superior	-	1	0.025	1	1900	47.5
Alisado Inferior	-	1	0.025	1	1900	47.5
Acabados	-	1	0.025	1	1200	30
					Σ =	<b>395.4</b>

- *Sección típica de un forjado:*



- *Cargas presentes en el forjado:*

$$CM = 395.4 \text{ kg/m}^2 + 75\% = 691.95 \text{ kg/m}^2$$

**CV=** 240 kg/m<sup>2</sup> (carga residencial) (Tomado de NEC 2015\_Cargas (No Sísmicas) (Código NEC-SE-CG) Cap.4.2\_Sección 4.2.1\_Tabla 9: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo, y concentradas Po\_pg: 27)

Edificios de oficinas		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00
Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00

## PREDISEÑO DE LA VIGA

### VANO 1

#### Cálculo de Áreas:

$$A_{total} = 7.50 \text{ m} * 7.70 \text{ m} = 57.75 \text{ m}^2$$

$$A_{\Delta} = \frac{7.50 \text{ m} * 3.75 \text{ m}}{2} = 14.06 \text{ m}^2$$

$$A_{2\Delta} = 14.06 \text{ m}^2 * 2 = 28.12 \text{ m}^2$$

$$A_{2 \text{ trapecios}} = 57.75 \text{ m}^2 - 28.12 \text{ m}^2 = 29.63 \text{ m}^2$$

$$A_{trapecio} = \frac{29.63 \text{ m}^2}{2} = 14.82 \text{ m}^2$$

### VANO 2

#### Cálculo de Áreas:

$$A_{total} = 7.50 \text{ m} * 7.10 \text{ m} = 53.25 \text{ m}^2$$

$$A_{\Delta} = \frac{7.10 \text{ m} * 3.55 \text{ m}}{2} = 12.60 \text{ m}^2$$

$$A_{2\Delta} = 12.60 \text{ m}^2 * 2 = 25.20 \text{ m}^2$$

$$A_{2 \text{ trapecios}} = 53.25 \text{ m}^2 - 25.20 \text{ m}^2 = 28.05 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{trapecio}} = \frac{28.05 \text{ m}^2}{2} = 14.03 \text{ m}^2$$

### Cálculo del Área tributaria:

$$A_{\text{tributaria}} = 14.06 \text{ m}^2 + 14.03 \text{ m}^2 = 28.09 \text{ m}^2$$

### MOSAICO DE CARGAS

$$CM = 691.15 \text{ kg/m}^2$$

**CV** = 240 kg/m<sup>2</sup> (residencial) (Tomado de NEC 2015\_Cargas (No Sísmicas) (Código NEC-SE-CG) Cap.4.2\_Sección 4.2.1\_Tabla 9: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo, y concentradas Po\_pg: 27)

**Luz de la viga** = 7.50 m

- ✓ Determinación del peso propio de pared, peso específico de ladrillo tomado de NEC 2015 Cargas (No sísmicas)\_Cap:4\_Sección: 4.1\_Tabla 8: Pesos unitarios de materiales de construcción\_pg: 21)

B. Piedras artificiales	
Azule	16.0
Amianto-cemento	30.0
Baldosa cerámica	18.0
Baldosa de gres	18.0
Hormigón simple	22.0
Hormigón armado	24.0
Ladrillo cerámico prensado (0 a 10% de huecos)	19.0
Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	14.0
Ladrillo cerámico hueco (40 a 50% de huecos)	10.0
Ladrillo artesanal	16.0

$$PESO_{pared} = 1 \text{ m} * 0.15 \text{ m} * 4.56 \text{ m} * 1600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 1094.4 \text{ Kg por cada m}$$

**Peso de Pared = 1094.4 kg por cada metro lineal**

**Altura de Pared = 4.56 m**

- **CARGA MUERTA 1**

$$CM1 = \frac{CM * \text{Área tributaria}}{\text{Luz de la viga}}$$

$$CM1 = \frac{691.95 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 28.09 \text{ m}^2}{7.50 \text{ m}} = 2591.58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- **CARGA MUERTA DE PARED**

$$CM_{pared} = \frac{\text{Peso pared} * h_{pared}}{\text{Luz de la viga}}$$

$$CM_{pared} = \frac{1094.4 \text{ Kg/m} * 4.56 \text{ m}}{7.50 \text{ m}} = 665.40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- **CARGA VIVA**

$$CV = \frac{CV * \text{Área tributaria}}{\text{Luz de la via}}$$

$$CV = \frac{240 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 28.09 \text{ m}^2}{7.50 \text{ m}} = 898.88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- **CARGAS MAYORADAS**

✓ *Fórmula tomada de NEC 2015\_Cargas (No sísmicas) \_Cap. 3.4\_Sección: 3.4.3. Combinación para el diseño por última resistencia.\_pg:19*

$$U = 1.2 CM + 1.6 CV$$

$$U = 1.2 \left( 2591.58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} + 665.40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) + 1.6 \left( 898.88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) = 5346.58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- **MOMENTO ÚLTIMO**

$$Mu = \frac{U * Lv^2}{10}$$

$$Mu = \frac{5346.58 \frac{Kg}{m} * 7.50 m^2}{10}$$

$$Mu = 30074.51 kg.m$$

- ✓ *Determinación de base de la viga según Norma ACI 318S-14\_Cap. 9\_Sección: 9.3.1.1\_Tabla: 9.3.1.1. Altura mínima de vigas no presforzadas (con un extremo continuo)\_pg:138)*

**Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no presforzadas**

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ <sup>[1]</sup>
Simplemente apoyada	$l/16$
Con un extremo continuo	$l/18.5$
Ambos extremos continuos	$l/21$
En voladizo	$l/8$

<sup>[1]</sup> Los valores son aplicables al concreto de peso normal y  $f_y = 60,000$  lb./pulg.<sup>2</sup>. Para otros casos, la altura mínima  $h$  debe modificarse de acuerdo con 9.3.1.1.1 a 9.3.1.1.3, según corresponda.

- **ANCHO DE LA VIGA**

$$\frac{Lv}{18.5} = \frac{7.60 m}{18.5} = 0.41 m \rightarrow 41.08 cm = b$$

**Ancho asumido (b) = 40 cm**

- **PERALTE DE LA VIGA**

$$w = \rho * \frac{fy}{f'c}$$

$$w = 0.01 * \frac{4200 \frac{Kg}{cm^2}}{240 \frac{Kg}{cm^2}} = 0.175$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\phi * f'c * b * w * (1 - 0.59 * w)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{3007451 \text{ kg.cm}}{0.9 * 240 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 40 \text{ cm} * 0.175 * (1 - 0.59 * 0.175)}}$$

$$d = 47.10 \text{ cm}$$

$$H = d + 1.5 \text{ cm} + 1.5 \text{ cm}$$

$$H = 47.10 \text{ cm} + 1.5 \text{ cm} + 1.5 \text{ cm} = 50.10 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$d = H - 1.5 \text{ cm} - 1.5 \text{ cm}$$

$$d = 47 \text{ cm}$$

- **PESO PROPIO DE LA VIGA POR CADA METRO.**

$$W_{VIGA} = \text{Volumen} * \gamma_{\text{hormigón}}$$

$$W_{VIGA} = 0.40 \text{ m} * 0.50 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{VIGA} = 480 \text{ kg por cada metro}$$

- **MAYORAR NUEVAMENTE LAS CARGAS.**

Fórmula tomada de NEC 2015\_Cargas (No sísmicas) \_Cap. 3.4\_Sección:  
3.4.3. Combinación para el diseño por última resistencia.\_pg:19

$$U = 1.2 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV}$$

$$U = 1.2 \left( 2591.58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} + 665.40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} + 480 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) + 1.6 \left( 898.88 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right)$$

$$= 5922.58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- **MOMENTO ÚLTIMO**

$$Mu = \frac{U * Lv^2}{10}$$

$$Mu = \frac{5922.58 \frac{Kg}{m} * 7.50^2}{10}$$

$$Mu = 33314.51 \text{ kg.m}$$

- **PERALTE DE LA VIGA**

$$w = \rho * \frac{fy}{f'c}$$

$$w = 0.01 * \frac{4200 \frac{Kg}{cm^2}}{240 \frac{Kg}{cm^2}} = 0.175$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\phi * f'c * b * w * (1 - 0.59 * w)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{3331451 \text{ kg.cm}}{0.9 * 240 \frac{Kg}{cm^2} * 40 \text{ cm} * 0.175 * (1 - 0.59 * 0.175)}}$$

$$d = 49.57 \text{ cm}$$

$$H = d + 1.5 \text{ cm} + 1.5 \text{ cm}$$

$$H = 49.57 \text{ cm} + 1.5 \text{ cm} + 1.5 \text{ cm} = 52.57 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$d = H - 1.5 \text{ cm} - 1.5 \text{ cm}$$

$$d = 47 \text{ cm}$$

*Prediseño de la Viga = (b \* h) = (40 \* 50) cm.*



## PREDISEÑO DE LA PILAR

Área de la pilar:  $A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = (3.75 \text{ m} * 3.55 \text{ m}) + (2.05 \text{ m} * 3.55 \text{ m}) + (3.75 \text{ m} * 3.85 \text{ m}) + (2.05 \text{ m} * 3.85 \text{ m}) = 42.92 \text{ m}^2$

NIVEL	Á. COOPERANTE (m2)	CV (kg/m2)	CM (kg/m2)	Pu (kg)
+ 4.56	42.92	240	691.95	52119.47
+ 9.16	42.92	240	691.95	52119.47
+ 14.4	42.92	240	691.95	52119.47
			$\Sigma =$	156358.4

- Cálculo del área gruesa:

$A_g = \text{Área gruesa}$

$$A_g = \frac{1.68 * PU_{total}}{0.85 * f'c + Fy * \rho}$$

$$A_g = \frac{1.68 * 156358.4 \text{ Kg}}{0.85 * 240 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} + 4200 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.015} = 983.83 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{mín.columna}} = 900 \text{ cm}^2$$

Se asumió la pilar según Prediseño debe ser 30x35 cm = 1050 cm<sup>2</sup> ya que la NEC pide 900 cm<sup>2</sup>. (NEC 2015\_Estructuras de Hormigón Armado\_Cap. 4: Flexión, cargas axiales y combinaciones de ambas\_Sección: 4.3.1.\_pg: 50)

- La dimensión más pequeña de la sección transversal, medida sobre una línea recta que pasa por su centroide geométrico, no sea menor que 300 mm.

Prediseño de la Pilar =  $(b * h) = (30 * 35) \text{ cm}$ .

## 7 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

### 7.1 Conclusiones

- En el diagnóstico de las patologías del edificio se evidenció heridas o lesiones por la falta de mantenimiento, afectando su funcionalidad, seguridad o habitabilidad, sobre todo por las malas intervenciones por parte del ayuntamiento, con intervenciones sin previo estudio que ayude con la correcta rehabilitación para este tipo de edificaciones patrimoniales, es así que las fichas técnicas sirven para identificar puntualmente cuales son los detalles arquitectónicos o elementos estructurales a recuperar sirviendo como referencia y aplicable a construcciones antiguas y patrimoniales en las cuales el envejecimiento ha provocado el deterioro de las mismas.
- Se utiliza la implementación de pórticos para sustituir los muros de piedra pishilata los cuales se encuentran en malas condiciones, y que por la dificultad que existe para conseguir la tecnología apropiada para realizar de ensayos y pruebas y así determinar las características físicas y técnicas de la piedra pishilata, imposibilitan determinar el estado de los muros, sin embargo, se tomó parámetros técnicos que fueron considerados los más importantes para sustituir los muros antes mencionados por pórticos y así poder recuperar los espacios no utilizados dentro del edificio que por causa de inseguridad no son habitables y provocan la subutilización de un edificio de tanta jerarquía para la ciudad de Ambato.

Es así que para se deberá realizar pruebas y ensayos a una escala real para determinar los valores de módulo de elasticidad, resistencias a compresión y cortante del material.

- Se considera que no hay deficiencias locales en el suelo en que está implantado este edificio, y no se necesita por tanto la ejecución de un

Estudio de Suelos particular, al mantener las cargas actuales con el cambio de ciertas áreas a uso que originalmente posee. Se asume y se considera un esfuerzo mayor a 15 ton/m<sup>2</sup> (1.5 Kg/cm<sup>2</sup>) por lo menos, que de todas maneras se verificará a la hora de la construcción de esta rehabilitación.

- En el prediseño del forjado se considera construirlo de hormigón armado, considerando la compatibilidad de materiales con los que cuenta el edificio actualmente, además que por su manejabilidad es más adaptable la arquitectura que la construcción posee.

## **7.2 Líneas futuras**

- Para un mejor diagnóstico deberá realizar pruebas y ensayos a una escala real y así determinar los valores de módulo de elasticidad, resistencias a compresión y cortante de la piedra pishilata, material predominante en el edificio, por tal razón es importante tener datos técnicos más aproximados que servirán para futuras intervenciones en edificios patrimoniales no solamente de la ciudad de Ambato sino también para todo el Ecuador.
- Los edificios patrimoniales deberá contar con un sistema de monitoreo constante por parte de la entidad pertinente, considerando como principal parámetro el de dar mantenimiento evitando problemas estructurales al ser edificaciones que pudiesen haber alcanzado su vida útil.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adeli, H., & Wilcoski, J. (1993). Una metodología para la evaluación del software de diseño estructural. *ElSelvier*.

Astorga, A., & Rivero, P. (2009). *PATOLOGIAS EN LAS EDIFICACIONES*.  
Obtenido de [http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad\\_archivos/04\\_patologias\\_en\\_las\\_edificaciones.pdf](http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf)

Cabrera, T., & Plaza, R. (2014). *“Propuesta de rehabilitación estructural constructiva para la vivienda de la Familia Plaza Aveldaño”*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Cabrera, T., & Plaza, R. (2014). *“PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL CONSTRUCTIVA PARA LA VIVIENDA DE LA FAMILIA PLAZA AVELDAÑO”*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19874/1/Tesis.%20pdf.pdf>

Cabrera, T., & Plaza, R. (2014). *Propuesta de rehabilitación estructural constructiva para la vivienda de la familia Plaza Aveldaño*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19874/1/Tesis.%20pdf.pdf>

Carnegie Mellon University. (2016). 6. Evaluación económica de las inversiones en instalaciones. *Ciclo de vida del proyecto y viabilidad económica*.

Cooke, A. (2015). La evaluación económica de proyectos de construcción. *Economía y construcción*.

Etxeberria, C., & Pérez, S. (2014). *El Adobe en la Construcción para el Desarrollo*. Obtenido de

[https://www.construmatica.com/construpedia/El\\_Adobe\\_en\\_la\\_Construcci%C3%B3n\\_para\\_el\\_Desarrollo](https://www.construmatica.com/construpedia/El_Adobe_en_la_Construcci%C3%B3n_para_el_Desarrollo)

GAD Ayuntamiento de Ambato. (Agosto de 2015). *Proyecto Arquitectónico Definitivo e Ingenierías Complementarias*. Obtenido de [https://www.dropbox.com/ow/msft/edit/personal/TESIS%20CARPETA%20COMPARTIDA/informacion/MUNICIPIO%20INFORMACION%20RELEVANTE/MEMORIA%20ARQUITECTONICA/Memoria%20de%20arquitectura.docx?hpt\\_click\\_ts=1528742478080](https://www.dropbox.com/ow/msft/edit/personal/TESIS%20CARPETA%20COMPARTIDA/informacion/MUNICIPIO%20INFORMACION%20RELEVANTE/MEMORIA%20ARQUITECTONICA/Memoria%20de%20arquitectura.docx?hpt_click_ts=1528742478080)

Grupo Andino. (1984). *Manual de diseño para maderas*. Lima: Junta del acuerdo de Cartagena.

İnan, T. (2011). Evaluación de irregularidades estructurales basadas en consideraciones de diseño arquitectónico en Turquía. *Emerald insight*.

Kim, J., & Seo, C. (2011). Un sistema de evaluación económica para proyectos de construcción de edificios en la fase de concepción. *Research Gate*.

Lago, P. (2015). MANUAL DE REPARACION, REFUERZO Y PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO. *imcyc*, 1-144.

Landa, M. (2017). *Nuevas técnicas de reparación de estructuras de madera. Elementos flexionados*. Obtenido de [https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/17434/1/RE\\_Vol%2028\\_05.pdf](https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/17434/1/RE_Vol%2028_05.pdf)

López, F., Rodríguez, V., Santa Cruz, J., Torreño, I., & Ubeda, P. (2004). *Manual de Patología de la Edificación*. Madrid: EUATM.

Moya, L. (2009). *Aplicaciones de la madera nacional a la construcción*. Montevideo: Universidad Ort Uruguay.

Municipio de Ambato. (10 de Abril de 2018). *Edificio Central de la Municipipalidad se transforma en un espacio abierto, multifuncional y accesible*. Obtenido de <http://www.ambato.gob.ec/edificio-central-de-la-ayuntamiento-se-transforma-en-un-espacio-abierto-multifuncional-y-accesible>

Navarro, N., & Pino, J. (2013). Patología, Diagnóstico y Rehabilitación de Edificaciones. LAENSA. Obtenido de <http://www.laensa.com/servicios/patologia-diagnostico-y-rehabilitacion/>

Parra, B., & Vásquez, P. (2014). *Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia Bermeo Alarcón*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Parra, B., & Vásquez, P. (2014). *Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia Bermeo Alarcón*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5528/1/Tesis.pdf>

Registros para evaluar los resultados de los pacientes: una guía del usuario [Internet]. 3ª edición. (s.f.). *Healthcare Research and Quality*.

Shin, J., & Lee, K. (2017). Evaluación del rendimiento explosivo de componentes estructurales bajo explosión muy cercana. *KSCE Journal of Civil Engineering*.