

**Estudio Patológico y Propuesta de Intervención de una Vivienda Unifamiliar
Ubicada en la Urbanización Palos Verdes en la Ciudad de Tunja.**

López Carlina, Martínez Diver, Rosero Miguel
Febrero 2019

Universidad Santo Tomas.
Especialización en Patología de la Construcción
Trabajo integrado de grado

Contenido

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
JUSTIFICACION	5
ALCANCE	6
METODOLOGIA	7
Selección del paciente.....	7
Preparación y planteamiento del estudio	8
Inspección preliminar del paciente	8
Información necesaria para el estudio.....	11
Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información.	11
Proceso de recopilación de información en el campo	12
Alcances de la exploración	13
Permisos y autorizaciones al paciente	15
Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración	15
Medidas preventivas durante la exploración.....	16
Servicios especializados para exploración y estudios.	17
MARCO LEGAL.....	18
HISTORIA CLINICA.....	18
Responsables del estudio	18
Fecha de realización del estudio	18
Autorización del estudio	18
Datos generales del paciente	18
Datos generales del Importancia	19
Sistema estructural y constructivo.....	19
Normativa actual que lo rige.....	19
Tipo de cimentación	20
Altura de la edificación.....	21
Área de la edificación	21
Estado general de conservación.....	21
Fidelidad de los planos	24
Constatación de estado.....	26
Aplicación patológica	28
Descripción de las lesiones más relevantes	29
Asentamientos diferenciales.....	29
Representación grafica.....	33
Clasificación y origen posible de las patologías	36
Localización	38
Uso del sector y normatividad	38
DATOS GENERALES DEL ENTORNO	40
Edificaciones vecinas.....	40
Medio ambiente	41

Temperatura.....	42
Hidrografía	42
Humedad relativa promedio.....	42
Precipitaciones	42
La velocidad del viento.....	43
Movimientos de masa.....	44
Sismicidad.	44
Topografía.	44
Datos de la microcuenca donde se localiza la vivienda	45
Situación geográfica, localización y relieve.	46
Geología	50
Área de microcuenca Capitolio.	51
Perímetro de la microcuenca Capitolio.....	51
Pendiente de la microcuenca Capitolio.....	51
División de la cuenca de drenaje.....	52
Descripción de las cinco zonas de la cárcava capitolio	53
Sistemas de cobertura vegetal.	54
Crecimiento urbano de la cárcava Capitolio zona 3.....	55
ARQUITECTURA.....	58
ESTRUCTURA.....	59
Calificación de la estructura	60
Por diseño y construcción.....	60
Evaluación de la estructura en general.....	60
Determinación de las cargas sobre los elementos	61
Relación ente demanda y capacidad	61
Propuesta de diseño estructural de la solución escogida	61
DATOS ESPECIFICOS DE LESIONES	63
Afectaciones	63
Especificaciones de diseño y construcción.....	65
Localización y levantamiento de planos	66
Evaluación física y mecánica del concreto y/o materiales	66
Estructuras de mampostería.....	67
Estudios y diseños realizados	70
Análisis de vulnerabilidad	70
DIAGNOSTICO	72
ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS.....	74
CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO	75
Propuesta de diseño de reforzamiento estructural o recomendación	75
Presupuesto.....	78
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83

ANEXO 1.....	84
ANEXO 2.....	85
ANEXO 3.....	86
ANEXO 4.....	87
ANEXO 5.....	88
ANEXO 6.....	89

Contenido de fotografías

<i>Fotografía 1:</i> Vivienda de Doña Myriam; Urbanización Palos Verdes de la Ciudad de Tunja.....	8
<i>Fotografía 2:</i> Vista general del barrio, se observa alrededores con suelos erosionables.....	9
<i>Fotografía 3:</i> Se observa suelos erosionables sobre la ladera en la cual se ubica el barrio.	9
<i>Fotografía 4:</i> Detalle de fotografías 2 y 3 suelo erodable con presencia de cárcavas	9
<i>Fotografía 5:</i> Detalle de corriente de agua intermitente, ubicada al respaldo de la vivienda.	9
<i>Fotografía 6:</i> Desembocadura del canal contra las viviendas.	10
<i>Fotografía 7:</i> Canal de agua intermitente.	10
<i>Fotografía 8:</i> Fisura de 5mm que atraviesa el espesor del muro, ver en la ilustración 1 el sitio de toma	10
<i>Fotografía 9 :</i> Extracción de núcleo en viga de cimentación explorada en el apique 1	20
<i>Fotografía 10 :</i> Apique1 mostrado en la fotografía 9.	30
<i>Fotografía 11 :</i> Suelo con alto contenido de humedad y altamente deformable.	30
<i>Fotografía 12:</i> Fisura del muro M6. Atraviesa el espesor del muro, foto tomada en marzo de 2017	32
<i>Fotografía 13 :</i> Testigo de yeso, foto tomada en marzo de 2018, muestra evidencia de movimiento	32
<i>Fotografía 14 :</i> Eje del zanjón Capitolio, Fuente: Adiel Elizabeth León Cely, Abril 2005.....	41
<i>Fotografía 15 .</i> Concentración de Pinos en la microcuenca Capitolio. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	54
<i>Fotografía 16 :</i> sectores con arboles, otros con erosión y carcavamiento microcuenca Capitolio. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	55
<i>Fotografía 17 :</i> Vista detrás de la vivienda, se observa pasto pequeños arbustos y zonas de carcavamiento.....	55
<i>Fotografía 18 :</i> aerofotografías aéreas del IGAC, tomadas desde el año 1957 hasta 1995. Fuente IGAC.....	56
<i>Fotografía 19:</i> material del apique profundidad 1.4 a 1.6 m alto humedad, alta deformabilidad.	63
<i>Fotografía 20 :</i> se observa viga cimentación en concreto simple, profundidad 0.5m	63
<i>Fotografía 21:</i> Apique 1 y sondeo 1, se evidencia suelos con alto contenido de humedad y altamente deformable, se ubica directamente bajo la viga de cimentación.	64
<i>Fotografía 22:</i> Muros M22 y M23 del segundo piso agrietados por asentamientos diferenciales	64
<i>Fotografía 23:</i> Vista general de la urbanización Palos verdes, se observa muros de mampostería en ladrillo macizo.	67
<i>Fotografía 24:</i> Vista de la Urbanización al respaldo de la misma, se observa mampostería en ladrillo macizo.	67
<i>Fotografía 25:</i> Obstrucción del cauce natural por la urbanización Palos Verdes.	80

Contenido de tablas

Tabla 1 Cantidad y tipos de ensayos.....	14
Tabla 2 Equipo de trabajo	15
Tabla 3 Valores de coeficiente importancia	19
Tabla 4 Cuadro de áreas.....	21
Tabla 5 Tipo de lesión, afectación y grado de lesión	34
Tabla 6 Estado actual de muros.....	37
Tabla 7 Resumen de lesiones.....	37
Tabla 8 Intensidad de lluvia zanjón Capitolio	43
Tabla 9 Descripción de las cinco zonas de la Cárcava Capitolio	53
Tabla 11 Sistemas estructurales permitidos.....	68
Tabla 12 Sistemas de mampostería permitidos por la NSR-10 en zonas de amenaza sísmica	69
Tabla 13 Presupuesto construcción de muro y demolición de la vivienda	78

Contenido de ilustraciones

<i>Ilustración 1:</i> Grieta en muro de la sala	10
<i>Ilustración 2:</i> Planta de cimentación indicando sitio de exploración apique 1 de la fotografía 9	20
<i>Ilustración 3:</i> Planta de Segundo y primer piso, respectivamente con enumeración de muros .	25
<i>Ilustración 4:</i> Lesiones del muro M14 del primer piso, se observa una grieta en diagonal	26
<i>Ilustración 5:</i> Muro M14, la grieta atraviesa el espesor del muro, se observa desprendimientos	26
<i>Ilustración 6:</i> Muro M14, en la cocina se observa azulejos desprendidos con una tendencia de la grieta en diagonal concordante con la dirección de la grieta de la ilustración 4.	27
<i>Ilustración 7:</i> Toma de niveles bajo placa del Segundo piso	27
<i>Ilustración 8 :</i> Localización General Sitio De Estudio Tomado de un Plano de la Alcaldía De Tunja	38
<i>Ilustración 9 :</i> Microcuenca Capitolio, zona 3 estudio de caso, (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	47
<i>Ilustración 10:</i> Curvas de nivel de la zona del caso de estudio. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	47
<i>Ilustración 11:</i> Ubicación de la microcuenca Capitolio en la ciudad de Tunja (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	48
<i>Ilustración 12:</i> Ubicación espacial de la microcuenca Capitolio en la ciudad de Tunja. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	49
<i>Ilustración 13:</i> Microcuencas de la ciudad de Tunja, se enmarca en un círculo la ubicación de la vivienda, que corresponde a la CARCAVA CAPITOLIO. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	49
<i>Ilustración 14:</i> Geología de la cárcava capitolio. Fuente: Plan de ordenamiento territorial 2001 Municipio de Tunja	50
<i>Ilustración 15:</i> división en cinco zonas de la Cárcava Capitolio, zona 3 sitio de estudio de caso. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)	52
<i>Ilustración 16:</i> Distribución muros de mampostería no reforzada	59
<i>Ilustración 17:</i> Zonas de amenaza sísmica para Tunja (Fuente reglamento sismo resistente título A)	71
<i>Ilustración 18:</i> Sección recomendada para la reconfiguración y rectificación del cauce.Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999	77
<i>Ilustración 19:</i> Esquema de solución adoptada de construcción de muro, demoliendo la casa ...	79

INTRODUCCION

Este informe se presenta como requisito para obtener el título de ESPECIALISTA EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION, dentro del mismo se presentan aspectos enseñados dentro de las diversas materias de la especialización, por lo cual se escogió una vivienda para examinar su patología y colocar en práctica lo aprendido.

La vivienda motivo de este trabajo se encuentra en la urbanización Palos Verdes ubicada en la ciudad de Tunja, cuyo estudio tiene el nombre de ESTUDIO PATOLOGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR UBICADA EN LA URBANIZACIÓN PALOS VERDES EN LA CIUDAD DE TUNJA.

La vivienda fue adquirida en el año 1999 por la señora Gladys Myriam Ramírez Barreto, poco tiempo después de recibida, se evidencio la presencia de diferentes síntomas y lesiones en la propiedad, además se observaron lesiones similares en las viviendas vecinas.

Pasados algunos años, doña Myriam realiza una demanda a la vendedora ya que la propiedad presentaba daños, esta demanda fue aceptada a su favor y luego de esto, doña Myriam decide realizar un estudio para determinar las causas de los daños, sin embargo las lesiones con el paso del tiempo se incrementan con agravantes, especialmente asentamientos diferenciales de gran importancia dejando a la construcción en un estado de alta vulnerabilidad.

En el año 2012, fue realizado un estudio a la casa por un especialista en suelos, el cual evidencia la existencia de una cárcava, sin embargo, no determina un diagnóstico y queda inconcluso el dictamen.

Para el año 2017, la situación de la casa empeora por lo cual doña Myriam decide retomar el estudio, con el fin de determinar la patología presente en la vivienda y dar solución definitiva a su propiedad, lo cual es motivo de este trabajo.

OBJETIVOS GENERAL

Realizar estudio patológico de la vivienda unifamiliar en la urbanización Palos Verdes en Tunja (Boyacá), mediante un análisis detallado, diagnóstico y propuesta de intervención tanto en elementos estructurales como no estructurales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Recopilar la información existente de la edificación, tanto arquitectónica como estructural, mediante visitas y reconocimientos de las zonas que la conforman. En caso de no existir, realizar los levantamientos arquitectónicos y estructurales

Identificar visualmente las lesiones tanto físicas, mecánicas como químicas que pueda tener la vivienda.

Realizar un registro fotográfico del lugar de estudio y de las diferentes lesiones encontradas.

Realizar ensayos destructivos y no destructivos a la estructura de la vivienda, necesarios en el estudio de vulnerabilidad, así como la ejecución de los ensayos requeridos que permitan encontrar las causas de las diferentes lesiones encontradas.

Realizar estudios de suelos con apiques y sondeos.

Analizar la información obtenida por medio de la observación, toma de datos y ensayos para determinar las causas de las lesiones físicas, mecánicas y químicas. Proponer alternativas de reparación y metodología de ejecución a los elementos estructurales y no estructurales.

Realizar una evaluación de las condiciones estructurales del paciente debido a la antigüedad del mismo.

Efectuar una propuesta de intervención con base en el índice de vulnerabilidad y patología de la vivienda, que permita cumplir con las condiciones de resistencia sísmica aceptables ante la NSR-10.

JUSTIFICACION

Conservar y preservar la integridad del patrimonio familiar, por ser este de gran importancia en la protección de sus integrantes, dando a los propietarios información acertada y sosegada del comportamiento de la edificación a largo y corto plazo, de esta manera se dispersarán las imprecisiones e incertidumbres que este tipo de lesiones puede generar.

Aplicar los conocimientos adquiridos desde la inspección visual inicial, registro e identificación de lesiones y síntomas presentes en la construcción, análisis de las patologías identificadas, mediante el uso de ensayos tanto destructivos como no destructivos, análisis y evaluación de datos obtenidos, y realización de diferentes propuestas de intervención.

ALCANCE

Recopila la información arquitectónica, estructural y geotécnica.

Realizar una verificación arquitectónica, levantamiento topográfico y estructural de la edificación.

Evaluar las diferentes lesiones físicas, químicas y mecánicas de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación.

Obtención y ejecución de pruebas de laboratorio, según las lesiones presentadas.

Realizar historia clínica y diagnóstico, dictamen y propuesta de intervención y mantenimiento de la vivienda.

METODOLOGIA

Selección del paciente

La señora Myriam Ramírez Barreto, propietaria de la edificación objeto de este estudio, tuvo la necesidad de contratar personal especializado para evaluar las condiciones de asentamiento y deterioro que se viene presentando en su vivienda, desde hace varios años, por lo cual, contacto al grupo de estudio de la Especialización de Patología de la construcción de la Universidad Santo Tomas para llevar a cabo valoración de su vivienda.

Para verificar la situación de la estructura, se realizó una visita, a mediados de febrero de 2017, con el fin de evaluar las condiciones actuales y determinar el nivel de importancia de las lesiones, identificar la necesidad del estudio, verificar lo comprometido según el nivel de deterioro y la presencia de lesiones representativas de la vivienda.

Dado que la visita arrojó conclusiones de presencia de lesiones que colocan en alto riesgo la estabilidad de la vivienda, se determinó que el paciente cumple los parámetros exigidos para realizar un estudio patológico, además, del requerimiento del propietario, dado lo anterior, procedemos a tomarlo como caso de estudio.

Preparación y planteamiento del estudio

Inspección preliminar del paciente

Se realizó una visita al paciente el 3 de marzo de 2017, a la llegada al sitio se observa que el barrio se encuentra construido sobre una ladera de suelos erosionables, la casa queda ubicada en la urbanización Palos verdes, casa 35, es una urbanización con una configuración en planta alargada, bordeada de un drenaje natural con una vegetación abundante, es una vivienda de dos niveles y un área construida de 123 m². Se observa en la fotografía 1



Fotografía 1: Vivienda de Doña Myriam; Urbanización Palos Verdes de la Ciudad de Tunja Fuente propia 2017.

La vivienda está implantada sobre una ladera, posee dos plantas, al entrar en el recibidor de la vivienda se observan las primeras lesiones de fisuras con grandes espesores, en la sala de la vivienda se pueden percibir grietas y fisuras a lo largo de los muros divisorios y desprendimientos de la mampostería, en el segundo piso se avista lesiones de mampostería de las habitaciones posteriores por acciones de desplazamientos de la vivienda adyacente, daños en pinturas y estructura de cubierta.

Luego se procede a realizar inspección en el perímetro y sus alrededores, obteniendo un panorama más amplio de las condiciones de la urbanización, tal como se presenta en las siguientes fotografías.



Fotografía 2: Vista general del barrio, se observa alrededores con suelos erosionables. Fuente propia 2017.



Fotografía 3: Suelos erosionables en la ladera en la cual se ubica el barrio. Fuente propia 2017.



Fotografía 4: Detalle de fotografías 2 y 3 suelo erodable con presencia de cárcavas. Fuente propia 2017.



Fotografía 5: Detalle de corriente de agua intermitente, ubicada al respaldo de la vivienda. Fuente propia 2017.



Fotografía 6: Desembocadura del canal contra las viviendas. Fuente propia 2017.



Fotografía 7: Canal de agua intermitente. Fuente propia 2017.

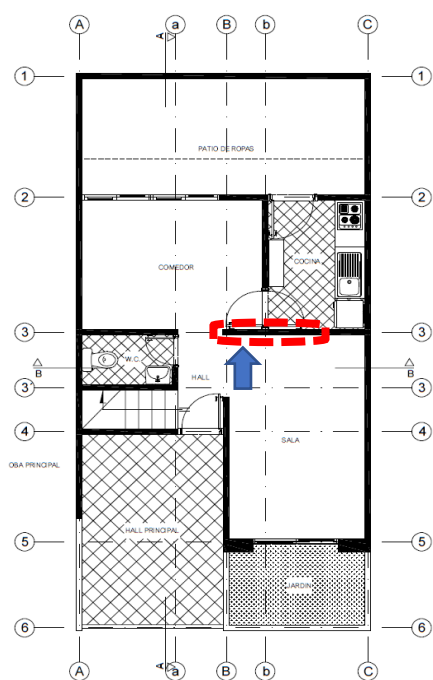


Ilustración 1: Grieta en muro de la sala. Fuente propia 2017.



Fotografía 8: Fisura de 5mm que atraviesa el espesor del muro, ver en la ilustración 1 el sitio de toma. Fuente propia 2017.

Información necesaria para el estudio

El estudio patológico de la vivienda familiar, requiere la siguiente información preliminar, la cual es solicitada a la propietaria:

- ✓ Estudio de Suelos
- ✓ Planos arquitectónicos
- ✓ Planos estructural
- ✓ Memorias de calculo
- ✓ Levantamiento topográfico
- ✓ Registro fotográfico de la construcción y seguimiento de las lesiones
- ✓ Información adicional según los acontecimientos del estudio.

Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información.

Los formatos para levantamiento y recopilación de información se hicieron de acuerdo a las fases de investigación. Estas son:

Fase de investigación preliminar: se busca proporcionar la información inicial de la condición de la vivienda, el tipo y gravedad de las lesiones a través de la observación de campo y toma de datos.

Fase de investigación detallada: se efectúa una vez se haya realizado completado la investigación preliminar, se puede dividir en varias fases.

Fase de documentación, donde se complementa l información preliminar.

Fase de observación, donde se afianza y consolida lo realizado en la fase preliminar.

Fase de muestreo y ensayos.

Fase de evaluación, donde se contrasta la información y datos obtenidos con la norma, las dimensiones reales del proyecto conforme a los planos, los resultados de pruebas de laboratorio para determinar la capacidad estructural y las recomendaciones de rehabilitación.

Proceso de recopilación de información en el campo

Se realizó la recopilación de la información inicialmente con la propietaria, la cual facilitó los planos arquitectónicos y estructurales, sin embargo los mismos no concuerdan con la realidad de la vivienda, por otra parte se consulta a las entidades estatales departamentales.

Para este caso se consultó la oficina de planeación departamental ubicada en la ciudad de Tunja (Boyacá), donde no se encontró expedientes de la constructora ni trámites pertinentes de los permisos de construcción.

Alcances de la exploración

Para la realización del levantamiento estructural se tomó como base los documentos obtenidos en la investigación de campo realizados, con esta información se logró esbozar los datos geométricos de los elementos estructurales y realizar los comparativos y correctivos necesarios. Además, se realizaron los siguientes trabajos de tal manera que permitieron dibujar las características geométricas y el refuerzo de cada uno de los elementos, así:

Para toma de datos de vigas y viguetas.

Los planos arquitectónicos sirvieron como base para el levantamiento estructural, sobre estos se levantaron las características geométricas de las vigas y viguetas para lo cual se realizaron regatas y desmonte de techos en diferentes puntos de la vivienda, de tal forma que se establecieron las medidas o características geométricas de cada uno de los elementos. En este sentido también se identificaron las vigas principales y secundarias.

Paralelamente a la verificación geométrica se realizaron regatas para detallar la cantidad y tipo de acero de cada elemento y todos los demás trabajos de exploración con ensayos destructivos y no destructivos., tales como testigos de movimiento y extracción de núcleos.

Para toma de datos de columnas

Igual que ítem anterior se procedió partiendo de la base de planos arquitectónicos, para estos elementos se hicieron regatas como parte de ensayos destructivos y como parte de los no destructivos se procedió con testigos de movimiento.

Para los ensayos destructivos y no destructivos se realizó la siguiente cantidad:

Tabla 1
Cantidad y tipos de ensayos

ENSAYO	UND	CANT
Medición de fisuras con fisuro metro	un	14
Testigos de movimiento de fisuras	un	3
Control de niveles	un	1
Extracción de Núcleos	un	4
Pruebas de Carbonatación	un	4
Mapeo Directo- Regatas	un	2
Sondeos de suelos	un	2
Apiques para determinar cimentación	un	1
Contenido de humedad	un	5
Determinación limites, índice plasticidad	un	7
Compresión inconfiada	un	1
Contenido de finos sobre tamiz 200	un	5
Datos de ensayos (Elaboración propia)		

Permisos y autorizaciones al paciente

Para proceder con la exploración de campo, ensayos destructivos y no destructivos se advirtió y se hizo conocer a la propietaria el alcance y tipo de ensayos realizados para proceder con la exploración, siendo necesario reparar los daños con ocasión de los ensayos destructivos.

Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración

Para la realización de los trabajos de exploración es necesario contar con el siguiente personal para realizar las labores:

Tabla 2
Equipo de trabajo

PERSONAL TÉCNICO	CANT
Ingenieros	1
Perforadores	1
Técnico en exploraciones	1
Ayudantes de obra	2
Datos de personal (Elaboración propia)	

Definición de los medios para realizar la exploración

Para la elaboración de regatas se utilizó una pulidora para demarcar el área y posteriormente, un taladro percutor hasta encontrar los aceros del elemento.

Para la extracción de núcleos se utilizó un taladro saca núcleos que utiliza agua para lubricar el proceso, la extracción se realizó aprovechando el mismo sitio de las regatas con el ánimo de evitar que se produzcan cortes en aceros.

Para las fisuras y grietas se utilizara el fisuro metro y control con testigos de yeso.

Para la exploración de suelos se procedió a realizar un apique hasta encontrar y verificar el tipo de cimentación. Para los sondeos se hicieron dos (2) a seis (6) metros.

Medidas preventivas durante la exploración

- ✓ Ubicación sobre planos de los sitios de exploración
- ✓ Programación de las actividades a realizar
- ✓ Encerrar el área de trabajo con cintas de demarcación
- ✓ Cubrimiento con plástico de piso a techo, para evitar que el polvo y material producto de las actividades invada o ensucie otras áreas.
- ✓ Cubrir con plástico el área de trabajo de tal forma que se evite que el agua que se utiliza para la extracción de núcleos invada o moje redes de cableado o energía o moje otras áreas.
- ✓ Una vez se termine la labor diaria, retiró de los plásticos y cintas y limpieza del sitio.
- ✓ Retiro del material producto de la actividad mediante lonas o bolsas plásticas al sitio destinado para los desechos o basuras.
- ✓ Cubrimiento con cartulina del sitio de las regatas hasta el momento de la reparación.

Servicios especializados para exploración y estudios.

Para los servicios de ensayos destructivos y no destructivos se utilizó los servicios de la empresa TECNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERIA y para los ensayos de laboratorios de suelos la empresa SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS acreditado por la ONAC

Los estudios de suelos y de vulnerabilidad estructural se presentan en los anexos y fueron elaborados por la empresa TECNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERIA.

MARCO LEGAL

HISTORIA CLINICA

Responsables del estudio

Ingenieros: Miguel Rosero, Diver Martínez y Carlina López

Fecha de realización del estudio

Los estudios patológicos de la vivienda ubicada en la urbanización Palos verdes de la ciudad de Tunja se realizaron en el transcurso del año 2017.

Autorización del estudio

La edificación de uso residencial es propiedad de la señora Gladys Mirian Ramírez y es quien decidió y autorizo la intervención al inmueble, en este sentido la señora Gladys realizo la solicitud para el estudio patológico.

Datos generales del paciente

Nombre: Vivienda familiar

Localización: Calle 75 # 3-34 Casa 35, Barrio Palos Verdes en la ciudad de Tunja (Boyacá).

Uso: Residencial

Fecha de construcción: Año 1996

Sistema constructivo: Mampostería simple

Técnica constructiva: Mampostería sin refuerzo

Datos generales del Importancia.

Según la NSR-10 Título A.2.5.2, se asigna un coeficiente de importancia (I) a las estructuras según el Grupo de Uso. El coeficiente de importancia I, modifica el espectro, y con ello las fuerzas de diseño.

Debido a que la vivienda de la señora Gladys pertenece al grupo de Uso I el valor del coeficiente de importancia según la tabla 3 (tabla A.2.5-1 de la NSR-10) es igual a 1.0.

Tabla 3
Valores de coeficiente importancia

Grupo de uso	Coeficiente de importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Tabla A.2.5-1 de la NSR-10 (Fuente reglamento sismo resistente título A)

Sistema estructural y constructivo.

El sistema estructural de la vivienda se puede clasificar según la NSR-10 en el título A.3.2.1.3, como sistema de muros de carga. La casa está conformada por muros de mampostería simple, todas las cargas verticales y fuerzas horizontales son resistidas por los muros.

Normativa actual que lo rige

Actualmente la norma que rige cualquier evaluación y/o intervención que se quiera realizar sobre la vivienda es EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTE NSR-10 y este por medio de su capítulo A-10 “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”, establece

los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes diseñadas y construidas con anterioridad.

Tipo de cimentación

De acuerdo a los planos de cimentación encontrados se pudo ver que la estructura tiene un tipo de cimentación superficial, construida sobre una viga corrida en concreto a una profundidad entre 40 y 50 cm, tal como se aprecia en las siguientes imágenes, donde se tiene la exploración realizada a la cimentación y extracción de un núcleo de concreto.



Fotografía 9 : Extracción de núcleo en viga de cimentación explorada en el apique 1. Fuente propia 2017.

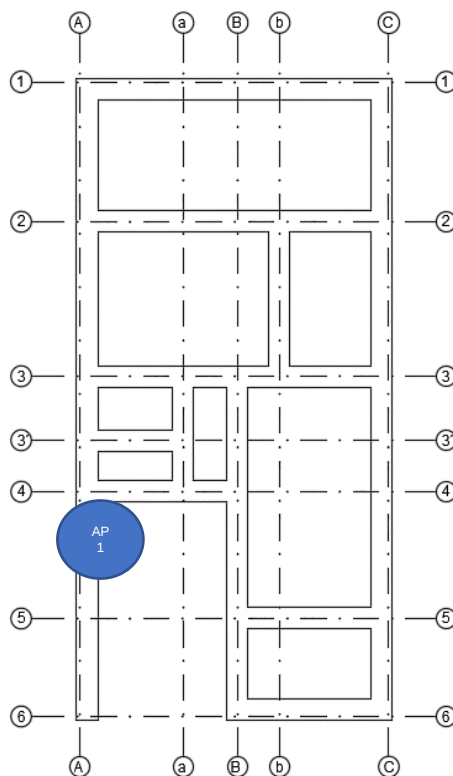


Ilustración 2: Planta de cimentación indicando sitio de exploración apique 1 de la fotografía 9. Fuente propia 2017.

Altura de la edificación

La estructura está conformada por dos (2) pisos, para completar una altura total de 7 metros.

Área de la edificación

Tabla 4
Cuadro de áreas

NIVEL	MEDIDAS	AREA	UNIDAD
Piso 1	6.00 x 12.00	72	M ²
Piso 2	6.00 x 8.50	51	M ²
Total		123	M ²

Áreas de la edificación (Elaboración propia)

Estado general de conservación

Intervenciones Previas

De la investigación realizada a la estructura se pudo constatar que la vivienda no ha sido reparada, dado que la propietaria instauró una demanda en contra de la vendedora que terminó a su favor en el año 2015, por lo que no se podía realizar reparaciones mientras cursaba el proceso.

Licencias de construcción

Se desconoce la información sobre licencia de construcción.

Información existente

Se encontraron datos locales en cuanto a geología, hidrología y testimonios de la propietaria y vecinos del lugar. También se encontró un levantamiento arquitectónico de la vivienda.

Testimonios

Se realizaron entrevistas a las personas involucradas o interesadas en el caso de estudio, esto con el ánimo de tomar datos de interés, por lo cual se transcriben textualmente las entrevistas.

De la propietaria (Gladys)

La vivienda se adquirió en el año 1.999, aparentemente nueva. No fue comprada directamente a la urbanizadora FUNDESUR, sino a una señora que le había comprado a la urbanizadora FUNDESUR.

Durante la compra la vivienda estaba aparentemente en buen estado, pero luego de un año y medio de haberla habitado se empezaron a presentar grietas pequeñas subiendo las escaleras a mano izquierda.

Luego de evidenciar que se empezaron a presentar grietas pequeñas en toda la casa, se presentó una demanda a la vendedora pero después de un año la demanda prescribió y no se realizó la devolución del dinero ni tampoco la vendedora se responsabilizó de las reparaciones. Se reiteró la demanda y el proceso duro varios años y durante ese tiempo no se podía realizar intervenciones y se fue afectando cada vez más.

El proceso termino en el año 2015 aproximadamente. Se procedió a llamar una persona para el arreglo de la vivienda pero esa persona recomendó un diagnostico patológico para la intervención.

Durante el tiempo de ocupación de la vivienda se han presentado eventos sísmicos pero no han afectado la vivienda.

Se realizaron unos trabajos de compactación a la vía frontal de la vivienda y debido a eso la casa se agrieto más.

La obras de compactación contribuyeron a las lesiones presenta en la vivienda

Vecino (Alirio)

Lleva 6 años viviendo en la urbanización. En su opinión las casa de la urbanización están presentado lesiones debido a los antejardines acumulan mucha humedad. Vive al lado del paciente y su casa no presenta afectación.

Vecina

Vive hace 6 años en lugar y afirma que la vivienda presentaba grietas pero fueron reparadas y que el año pasado se hizo pequeña reparación, se hizo una perforación en su terreno pero no encontraron unas cárcavas o escorrentía subterránea.

Que cerca de eso lugar y debajo de la urbanización pasa un tubería. Que tan pronto llegaron encontraron humedades en las viviendas entonces recomendaron e hicieron unas tapas para la tuberías porque estaban colmatadas de basura y la gente vertía basura dentro del canal o tubería a sabiendas que recogía las aguas de toda la loma.

Tras el taponamiento del canal en la casa vecinas empezó a presentar filtraciones en la cocina que afectaron vivienda de doña Gladys.

Que cuando las casas empezaron a averiarse se realizaron reforzamientos con zapatas y columnas.

“El problema de muchas de viviendas que construyeron es que no revolvían el cemento que no debía ser, que las estructuras casi no tienen cemento.

Habitabilidad

El inmueble se encuentra habitado por la propietaria, sin embargo una vez realiza la inspección se recomendó a la propietaria la evacuación dada la gravedad de las lesiones, en este sentido no es segura la habitabilidad y representa un peligro para la propietaria y para la edificaciones vecinas de la urbanización.

Fidelidad de los planos

Luego de evaluados los planos presentados por la propietaria de la vivienda y tras la visita al sitio se observan discrepancias con respecto a la distribución arquitectónica y de los ejes estructurales plasmados en los planos.

Por lo anterior se procedió al levantamiento arquitectónico y estructural del inmueble. Igualmente se enumeraron los muros de acuerdo a las siguientes ilustraciones.

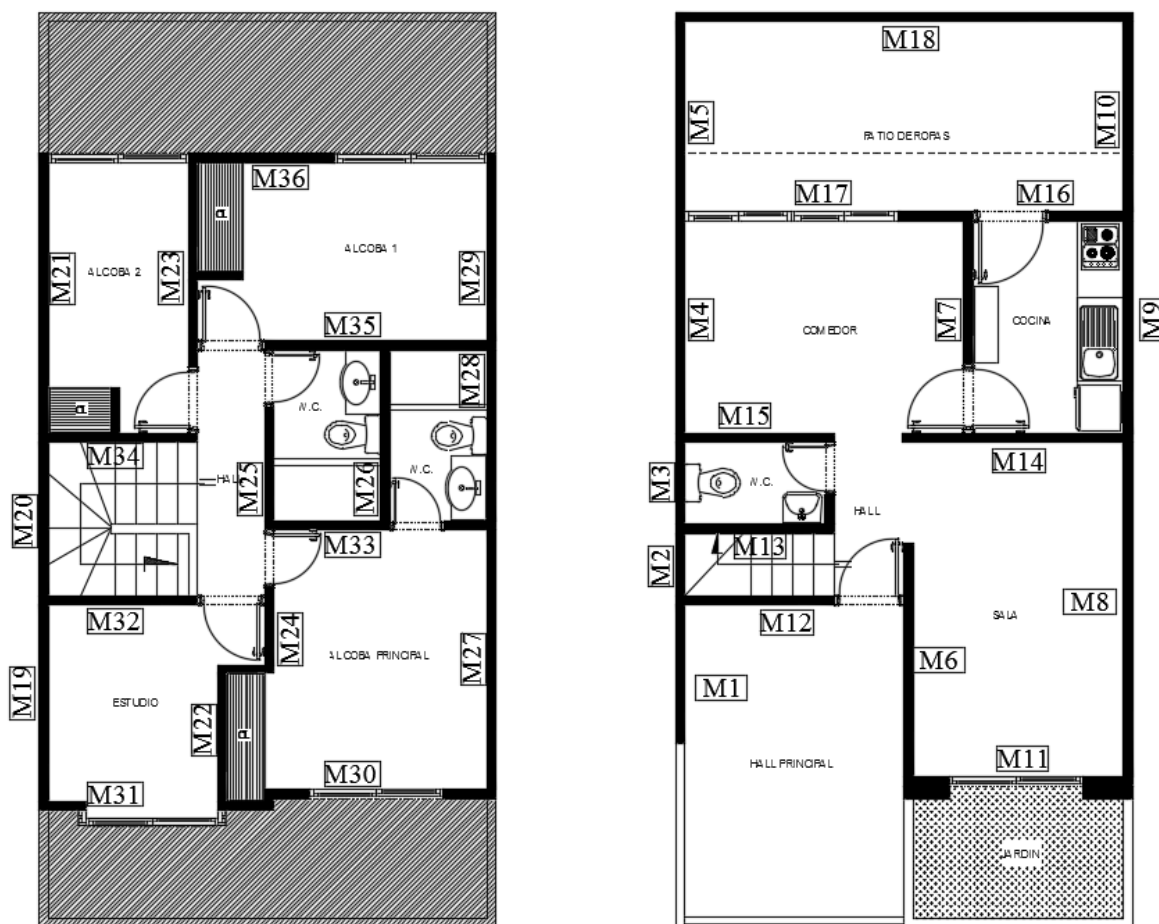


Ilustración 3: Planta de Segundo y primer piso, respectivamente con enumeración de muros. Fuente propia 2017.

En el anexo 1 se presentan los siguientes planos

- ✓ Planos y cortes arquitectónicos
- ✓ Planos estructurales de cimentación, columnas y plantas
- ✓ Levantamiento topográfico del barrio y cortes.

Constatación de estado

La estructura se encuentra en mal estado. Se pueden apreciar una afectación en alto grado de fisuras y grietas en los diferentes elementos de la estructura, y la penetración de la humedad también es alta. En las siguientes fotografías del muro identificado como M14 del primer piso se observa las lesiones más importantes.

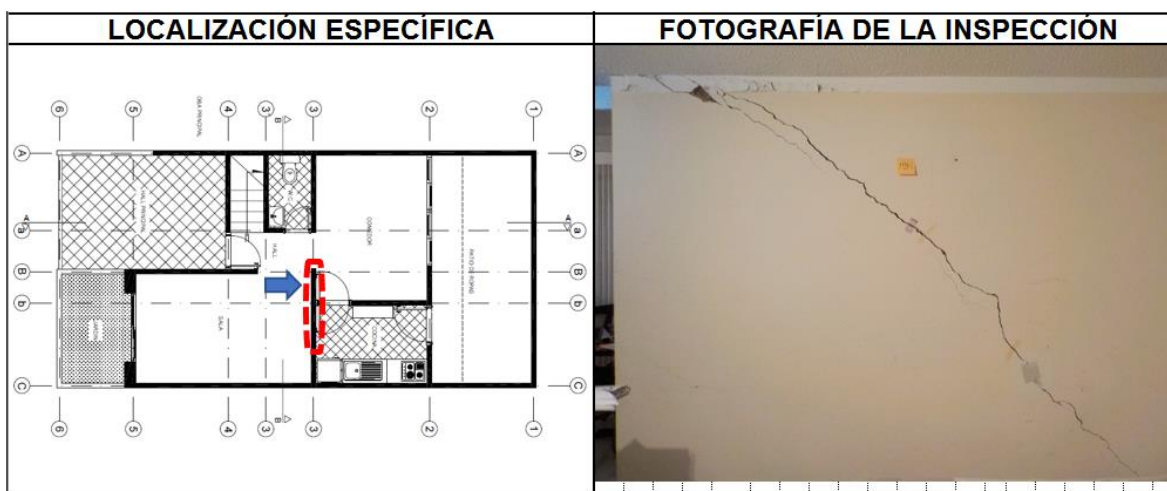


Ilustración 4: Lesiones del muro M14 del primer piso, se observa una grieta en diagonal. Fuente propia 2017.

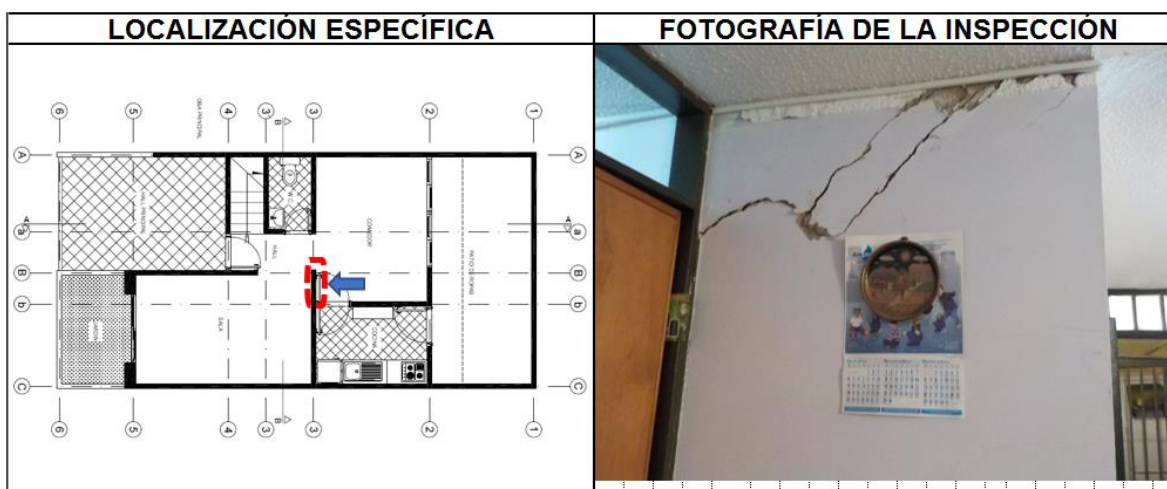


Ilustración 5: Muro M14, la grieta atraviesa el muro, se observa desprendimientos. Fuente propia 2017.

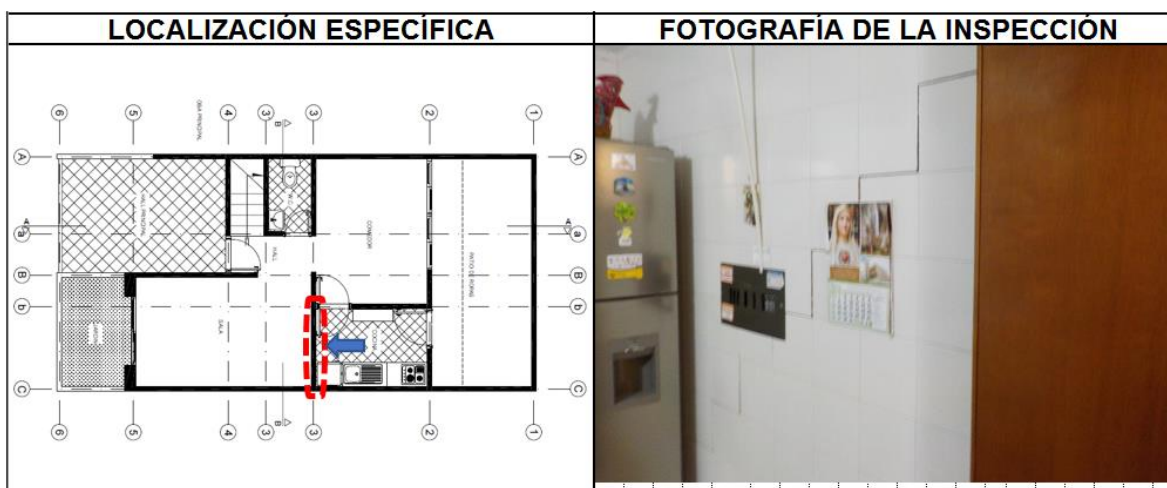


Ilustración 6: Muro M14, en la cocina se observa azulejos desprendidos con una tendencia de la grieta en diagonal concordante con la dirección de la grieta de la ilustración 4. Fuente propia 2017.

Por otra parte la vivienda presenta asentamientos diferenciales según el levantamiento de niveles que se ejecutó bajo la placa del segundo piso reportando diferencias de 19 cm, tal como se aprecia en la siguiente ilustración donde se tomó un nivel arbitrario de referencia +0.0 en la intersección de los muros M7 y M17

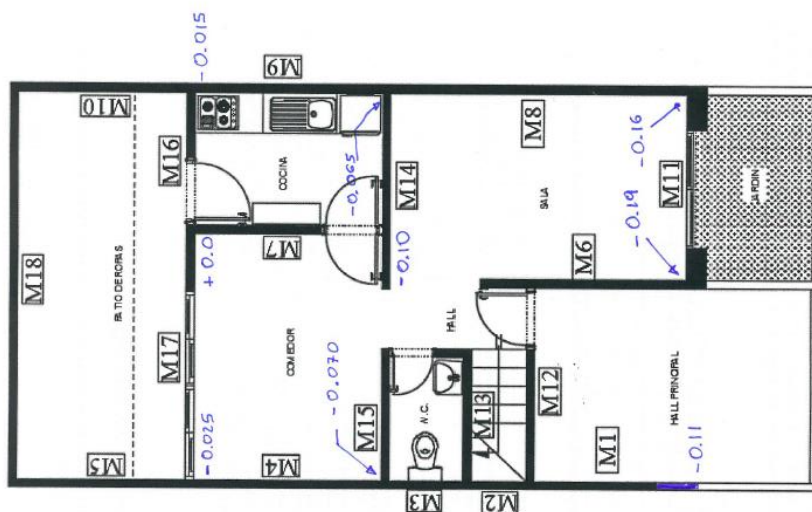


Ilustración 7: Toma de niveles bajo placa del Segundo piso. Fuente propia 2017.

En el anexo 6 se presenta el levantamiento topográfico de enero de 2019 que incluye informe, cartera y planos donde se concluye que la mayor diferencia de niveles es de 21.5 cm, que confirma que la diferencia encontrada de 19 cm tomada en el año 2017 se ha empeorado en el transcurso de dos años. A continuación se presentan esquemas y fotos del levantamiento.



Fotografía 10: Toma de niveles bajo placa del Segundo piso. Fuente propia 2019

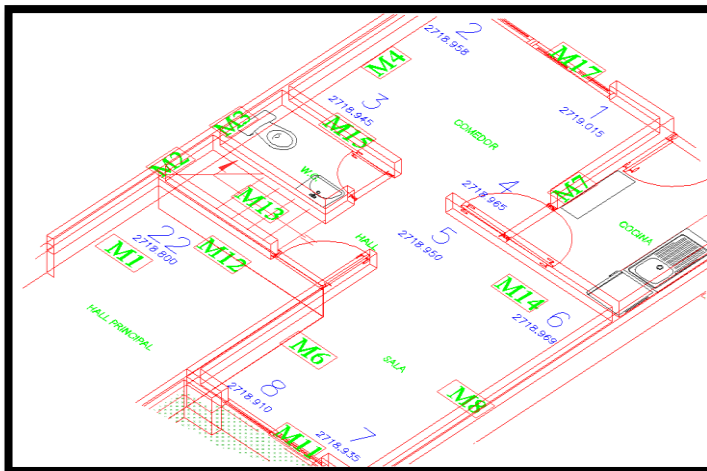


Ilustración 8: Niveles con mayos diferencia puntos 2 y 22 de 21.5cm. Fuente propia 2019.

Aplicación patológica

La edificación fue construida en el año 1995 por lo tanto a la fecha tiene una edad de 22 años, por lo que no cumple para edad para pediatría, es por esa razón que el tratamiento patológico podría ser de tipo curativo y parte forense dado el nivel de las lesiones.

✓ Preventiva no aplica

✓ Pediátrica no aplica

- ✓ **Curativa** **aplica**
- ✓ **Forense** **aplica**
- ✓ **Geriátrica** **no aplica**

Descripción de las lesiones más relevantes

La vivienda presenta asentamientos diferenciales y un gran número de fisuras y grietas que conforman un 72% de las lesiones, estas a su vez corresponden a un 60% de lesiones severas. Según se muestra en las representaciones graficas número 1 en las siguientes páginas. En los anexos 4 y 5 se presentan los resultados de laboratorio y las ficha de exploración.

Las lesiones más relevantes corresponden a grietas y fisuras, producidas por los asentamientos diferenciales, las mismas se encuentran dispuestas en diagonal producto de movimientos diferentes en la cimentación y son activas ya que un año después de la toma de información se retomaron datos de los testigos de movimiento evidenciando movimientos.

Asentamientos diferenciales

Existen asentamientos diferenciales que se aprecian en varias zonas de la vivienda y se ven reflejados en los grandes desniveles del segundo piso, esto especialmente produce grandes fisuras diagonales en el primer y segundo piso, en este sentido la estructura no tolerará esta deformación produciendo la rotura de los elementos, manifestándose en grietas y fisuras tal cual como muestran en las fotografías 4, 5 y 6, en los cuales se puede percibir los siguientes aspectos:

- ✓ Fisuras inclinadas en la mampostería.

- ✓ Desniveles en la placa del segundo piso.
- ✓ Desplomes de mampostería.

En la fotografía 9 e ilustración 2 y en las siguientes fotografías, se puede observar que el sitio donde se realizó el apique de exploración, se pudo constatar el tipo de cimentación y el suelo de soporte, igualmente se evidencia que en los primeros metros existe un alto contenido de material orgánico y suelo altamente deformable y gran contenido de agua,



Fotografía 11 : Apique1 mostrado en la fotografía 9.

Fuente propia 2017.



Fotografía 12 : Suelo con alto contenido de humedad y altamente deformable. Fuente propia 2017.

Desplomes

Se presentan desplomes en varios muros de la vivienda, lo que es concordante con los asentamientos diferenciales. En la parte ubicada en la sala, especialmente los muros M1, M6, M8, M11, M12 y M14 (ver ilustración 3) evidencian los mayores desplomes comparados con los muros del resto de la casa.

Grietas y fisuras

Las fisuras y grietas se observan en toda la vivienda, son los síntomas más evidentes que se pueden evidenciar en la vivienda. Son las primeras en aparecer seguidas, tarde o temprano, por otras sintomatologías. Verificando según la observación estas grietas y fisuras de la edificación afectada, realizamos las siguientes consideraciones:

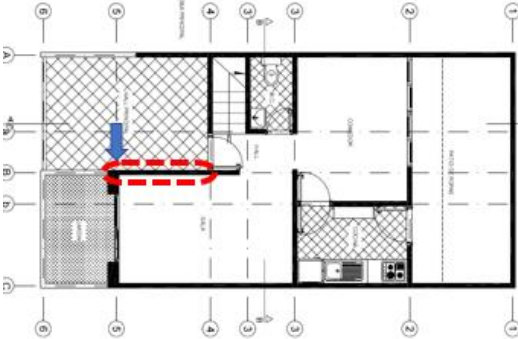
Su situación y su forma.

Hacia dónde se abren o se cierran.

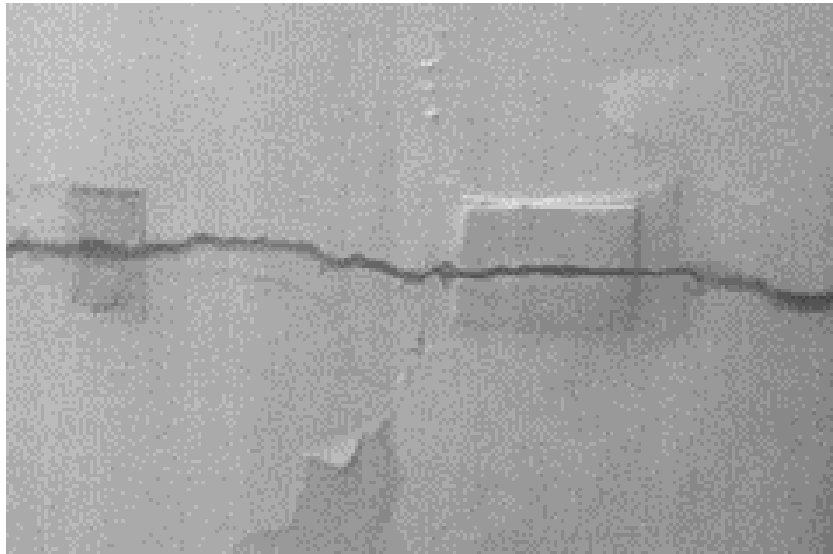
Si las partes a los costados de la grieta o fisura conservan el mismo plano, o bien una baja más que la otra, o incluso si se registra una pérdida de la verticalidad.

Si es activa o pasiva.

Para lo anterior se han realizado medidas con fisuro metro y control de verticalidad de acuerdo con la siguiente tabla. Igualmente se han colocado testigos utilizando yeso para verificar movimientos de las fisuras, en este sentido se realizó una visita en enero de 2018, para verificar el movimiento, reportando lo siguiente:

LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA	FOTOGRAFÍA DE LA INSPECCIÓN
	
DESCRIPCIÓN Fisuras en diagonal a lo largo del muro en el eje B entre 5-4 de 4 mm en promedio, en la parte baja del muro - cara interna.	OBSERVACIONES GENERALES El muro presenta daño severo en el 40 % del área en la parte baja del mismo, se observa de mayor espesor hacia el acceso, permite visibilidad desde el interior por la grieta, adicional se observa desprendimiento del zocalo y el piso, lo cual muestra la presencia de asentamiento diferencial.

Fotografía 13: Fisura del muro M6. Atraviesa el espesor del muro. Fuente propia 2017.



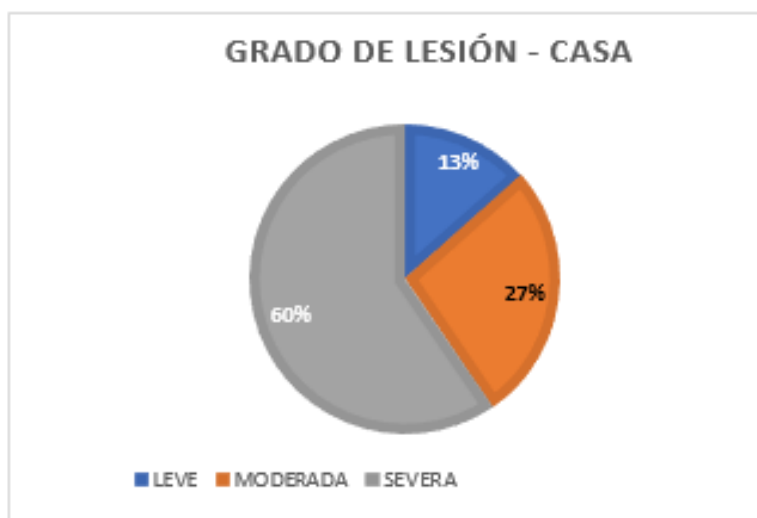
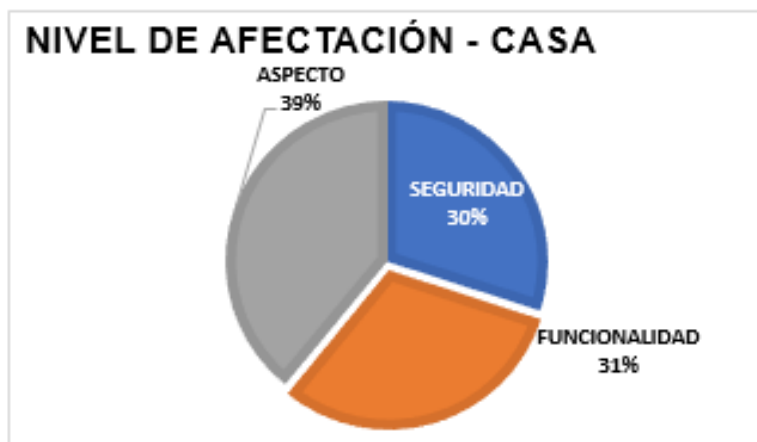
Fotografía 14 : Testigo de yeso, foto tomada en marzo de 2018, muestra evidencia de movimiento. Fuente propia 2018.

Agentes externos

De acuerdo con la configuración del terreno que se constituye en ladera compuesta de materiales erodables y la presencia de una corriente de agua intermitente, o canal de agua, que se ubica justamente al respaldo de la vivienda y que atraviesa la misma se explica el alto contenido de agua que se encuentra bajo la cimentación de la vivienda, este aspecto es una causa de las lesiones. Las fotografías 2, 3, 4, 5, 6 y 7 evidencian esta situación.

Representación grafica

Las representaciones gráficas de las lesiones encontradas en los elementos afectados y su incidencia en el total de la edificación se presentan en las siguientes tablas y gráficas. Para constatar el estado se realizó un trabajo detallado de elaboración de fichas (ver anexo 5), donde se extrae la información de la tabla 5 y que arroja que el 60% de las lesiones son severas, por otra parte el nivel de afectación en los ítem de aspectos, seguridad y funcionalidad tiene un grado de compromiso alto en estos ítem y finalmente existe un 72 % de lesiones que corresponden a grietas y fisuras



Gráfica 1 : Gráficas afectación, tipo de lesión y grado de lesión. Elaboración propia.

Clasificación y origen posible de las patologías

Lesiones químicas: es el resultado de la exposición de los materiales a sustancias corrosivas que provienen del exterior o del interior. La corrosión puede generarse por: Corrosión química: reacción de metales con gases; Corrosión electroquímica: corrosión de metales por un medio electrolítico; Corrosión metálica: metales en contacto con agua; Corrosión por erosión: es el desgaste en la sección de los metales, Corrosión por incrustación: por deposición de sarro y barro, ej. Sedimentación de sarro en un termo calefón; Corrosión general: deterioro por acción del medio ambiente como por ej.: la oxidación, la eflorescencia aparición de manchas blancas por presencia de sales.

Lesiones físicas: se dan comúnmente por la acción de los agentes climáticos como la lluvia, la lluvia ácida, el viento, el calor, los rayos ultra violetas, la nieve etc., resultando por ej.: la humedad, la suciedad, la erosión, la dilatación, la deformación, la rigidización, la fragilidad, el resecamiento, la criptoflorescencia o aumento de volumen por absorción de humedad.

Lesiones mecánicas: pueden generarse por acción de tensiones no estabilizadas, por falta de coordinación de las obras civiles, como por ej.: grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos.

De acuerdo con lo anterior y lo que se extrae del anexo 5, tenemos que un 86% corresponde a lesiones mecánicas y un 14% a lesiones físicas, los muros afectados corresponden a un 78,4% del total de muros de la vivienda, según la siguiente tabla.

Tabla 6
Estado actual de muros

Descripción de muros	Cantidad	Porcentaje
Muros sanos	8	21.60%
Muros afectados	29	78.40%
Total	37	

Datos obtenidos de inspección (Elaboración propia)

Tabla 7
Resumen de lesiones

Lesión	Numero	porcentaje	Tipo de lesión	
Fisuras severas	10	12.82 %	Mecánica	
Fisuras moderadas	15	19.23 %	Mecánica	Lesiones
Fisuras leves	11	14.10 %	Mecánica	mecánicas 86 %
Grietas severas	26	33.33 %	Mecánica	
Grietas moderadas	2	2.56 %	Mecánica	
Grietas leves	0	0.00 %	Mecánica	Lesiones Físicas
Humedades	11	14.10 %	Física	14%
Desplomes	3	3.85 %	Mecánica	
Total	78	100 %		

Datos obtenidos de inspección (Elaboración propia)

Localización

La vivienda se encuentra ubicada en la calle 75 No 3-34 casa 35 de la urbanización Palos Verdes de la ciudad de Tunja. Esta vivienda cuenta con un área construida de 123 m², en la que se plantea el objeto de evaluar las lesiones.



Ilustración 9 : Localización General Sitio De Estudio Tomado de un Plano de la Alcaldía De Tunja

Uso del sector y normatividad

El uso se observa residencial, sin embargo, debido a la falta de planeación urbanística en la ciudad de Tunja, se ha venido presentando el relleno, la invasión y modificación arbitraria de los zanjones o canales de agua, como es el caso que nos aplica; además la falta de conciencia y conocimiento de los habitantes de la ciudad con respecto a la función que cumplen estos canales naturales, ha conducido a que en la actualidad muchos de estos elementos ya no existan o se hayan reducido drásticamente. Generalmente, las construcciones se vienen realizando de manera

no controlada, lo cual acarrea consecuencias tales como deslizamientos, asentamientos e inundación, que, en muchos sectores de la ciudad, afectan seriamente a los pobladores

DATOS GENERALES DEL ENTORNO

El predio de carácter residencial se encuentra delimitado por edificaciones de la misma altura correspondientes a la urbanización palos verdes, la disposición de la vivienda está ubicada en una ladera de mediana pendiente, según se observa en la fotografía 1, es de anotar que la construcción se localiza sobre un canal de agua natural de corriente intermitente, al respecto, cabe mencionar que sabemos que el acueducto de la ciudad tiene una deficiente planeación relaciona con el plan Maestro del Alcantarillado, por lo que se observa una improvisada construcción de desviación del agua en tuberías que se encuentran en los alrededores de la vivienda, en este sentido, al respaldo de la vivienda se encuentra un canal de agua intermitente que se encauza directamente bajo la casa, por otra parte el suelo presente en los alrededores evidencia signos de erosión, esto se evidencia en las fotografías 2, 3 ,4 ,5 , 6 y 7.

Edificaciones vecinas

La vivienda colida con otras dos vivienda vecinas de la misma altura y dispuestas en forma escalonada según la pendiente del terreno (ver fotografía 1), al respaldo se encuentra una zona que contiene un canal de agua natural intermitente. Las edificaciones vecinas son iguales y construidas en mampostería simple ya que hacen parte de la Urbanización Palos verdes.

Medio ambiente

De la investigación que realizamos en la alcaldía y comprobando con un recorrido de la zona, se evidencia que la vivienda está localizada sobre el zanjón Capitolio, que constituye un canal de agua natural e intermitente, que nace en el costado occidental de la ciudad de Tunja, donde está conformada principalmente una zona rural.

Por otra parte, donde se ubica la vivienda, tiene una configuración geomorfológica típica de ladera, la cual, induce formaciones de origen natural asociadas a procesos erosivos, consecuencia esencialmente de los eventos pluviales que durante eras se han verificado en el entorno. Estas formaciones naturales se han dispuesto de acuerdo a las características y régimen del flujo asociado a la precipitación, conformándose así, una red estructural de drenaje natural.

En la zona la vegetación dentro del zanjón está constituida principalmente por pasto kikuyo, según se observa en la siguiente fotografía. También hay zonas áridas, que no presentan concentraciones significativas de árboles, algunos distribuidos de forma muy aislada, con pequeños arbustos y pasto kikuyo.



Fotografía 15 : Eje del zanjón Capitolio, Fuente: Adiel Elizabeth León Cely, Abril 2005

Temperatura

La zona se clasifica dentro de las comúnmente llamadas de tierra fría; la temperatura promedio es de 13.1 °C, presentando fluctuaciones a lo largo del día, presentándose los valores más altos hacia el mediodía alrededor de 22 °C, estos en los meses de marzo y abril considerados como períodos secos de precipitación y en días ausentes de nubosidad; los más bajos en el mes de diciembre en las madrugadas alrededor de los 5°C de 3 a 6 de la mañana.

Hidrografía

La red hídrica del Municipio comprende la cuenca Alta del río Chicamocha este nace en cercanías de la ciudad de Tunja con el nombre río Chulo, recorre el territorio del municipio de sur a norte y posteriormente se une con otras corrientes menores, con las cuales da origen al río Chicamocha, la aguas del rio chulo benefician la vereda de runta, sin embargo, los niveles de contaminación no permiten el uso de esta agua. Sus afluentes en la margen izquierda son los ríos la vega, Ormilla y Mahecha; en la Margen Derecha los Ros Roque y Cebollas.

Humedad relativa promedio

La humedad relativa puede considerarse como media alta siendo su valor promedio de 79%. Siendo los meses más húmedos junio y Julio¹.

Precipitaciones

Con el fin de establecer caudales para diferentes escenarios se han tomado intensidades para varios periodos de retorno, más específicamente para 5, 10 y 25 años que para cada zona se encuentran en la tabla 7, esto con el fin de observar caudales para precipitaciones extraordinarias y para condiciones relativamente normales, encontradas para la estación climatológica principal de la UPTC.

Tabla 8
Intensidad de lluvia zanjón Capitolio

ZONA zanjón capitolio		
Parámetro	Valor	Caudal (m ³ /s)
Tiempo de Concentración (min)	19.31	
Coeficiente de Escorrentía	0.67	
Área (m ²)	448900.0	
Intensidad mm/h (Tr=5 años)	53.32	4.45
Intensidad (Tr=10 años)	65.86	5.50
Intensidad (Tr=25 años)	78.92	6.59

Datos de intensidad de lluvia. (Fuente: Alcaldía Mayor de Tunja, plan de ordenamiento territorial 2001)

La velocidad del viento

Según la NSR-10 TITULO B La velocidad de viento básica, usada en la determinación de las cargas de viento de diseño de edificios y otras estructuras se tomará de la Fig. B.6.4-1 incluyendo algunas excepciones. Se supondrá que el viento proviene de cualquier dirección horizontal.

La ciudad de Tunja se encuentra en la zona 1 según el mapa de zonas de amenaza eólica lo que representa una velocidad de viento básica de diseño de 60Km/h.

Movimientos de masa

De acuerdo con la información obtenida de CORPOBOYACA para el sector de PALOS VERDES hay ausencia de movimientos en masa.

Sismicidad.

Según la revista **Ciencia e Ingeniería Neogranadina volumen 19 no 2 Bogotá Julio. 2009**, Tunja está ubicada en la cordillera Oriental colombiana, se encuentra en un área propensa a la actividad sísmica; en la zona se desarrollan varios sistemas de fallas activas. Según datos históricos, en los últimos 500 años la sismicidad de Tunja y su área cercana ha sido destacada. Las fallas geológicas más activas y de mayor relevancia en el departamento de Boyacá, cuya capital es Tunja, son: Guaicaramo o del Piedemonte llanero, Santa María, Soapaga-Salinas, Río Suárez y Bahamón y Boyacá. La concentración de daños en algunas zonas de la ciudad parece indicar la presencia de suelos blandos que generan aumento de la señal sísmica.

Dentro de los 300 sismos reportados para Tunja hasta julio de 2009, se destacan en especial cinco que han causado daños a estructuras y que han producido importantes pérdidas: el primero de estos fue el del 12 de julio de 1785, que según informes históricos fue el mayor terremoto y el más destructor, que afectó la catedral, la gobernación y el colegio Boyacá (Ramírez, 1975).

Según la **NSR-10** Tunja se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia.

Topografía.

La vivienda se encuentra localizada en una zona de pendiente media o ladera. En los anexos se presenta un plano con curvas de nivel y cortes de la urbanización donde se muestra la pendiente del terreno. La pendiente del terreno no es muy elevada oscila entre el 7% a 10%. En

este sentido la disposición de las viviendas es escalonada según se muestra en los cortes de los anexos.

Datos de la microcuenca donde se localiza la vivienda.

Dado que la vivienda está ubicada en Tunja en la urbanización Palos Verdes es necesario plasmar los datos del entorno que enmarca la ciudad de Tunja, especialmente la invasión de drenajes naturales, por construcciones de barrios sin la debida planeación.

Tunja tiene una configuración geomorfológica típica de ladera, la cual, induce formaciones de origen natural asociadas a procesos erosivos, consecuencia esencialmente de los eventos pluviales que durante eras se han verificado en el entorno. Estas formaciones naturales se han dispuesto de acuerdo a las características y régimen del flujo asociado a la precipitación, conformándose así, una red estructural de drenaje natural cuyo nacimiento se ubica en las cumbres de las cadenas montañosas que limitan la cuenca de la ciudad y finalizan en el cauce de los ríos. En este sentido, el proceso hidrogeológico que da origen a este tipo de formaciones se conoce como carcavamiento, el cual, explica la dinámica de los zanjones de la ciudad. Estas formaciones drenan eficientemente los episodios pluviales de la ciudad ya que su capacidad de conducción es proporcional a la intensidad y frecuencia de los mismos, al mismo tiempo, conducen las aguas lluvias hasta cuerpos receptores principales, como ríos o quebradas.

Por otra parte, debido a la falta de planeación urbanística en la ciudad de Tunja, se ha venido presentando el relleno, la invasión y modificación arbitraria de los zanjones o drenajes naturales; además la falta de conciencia y conocimiento de los habitantes de la ciudad con respecto a la función que cumplen estas estructuras, ha conducido a que en la actualidad muchos de estos **drenajes naturales** ya no existan o se hayan reducido drásticamente. Según la alcaldía de Tunja,

dichos rellenos o invasiones, se vienen realizando de manera no controlada y sin ninguna técnica, lo cual acarrea consecuencias tales como deslizamientos, asentamientos e inundación, que, en muchos sectores de la ciudad, afectan seriamente a los pobladores.

Para el caso que nos ocupa se logró identificar que la vivienda se encuentra ubicada sobre el zanjón o drenaje natural denominado CARCAVA CAPITULO, por lo cual a continuación se esgrimen temas de situación geográfica, relieve, geología, área, perímetro, pendiente entre otros de la zona correspondientes a esta CARVAVA.

Situación geográfica, localización y relieve.

El zanjón o cárcava Capitolio que atraviesa la vivienda de doña Myriam, nace en el costado occidental de la ciudad de Tunja, donde está conformada principalmente por zona rural, que pertenece a la unidad morfológica del Altiplano Cundiboyacense en la cordillera oriental de los Andes. En la ilustración 9 se muestran las curvas de nivel y ubicación de la vivienda. Se encuentra localizada en la parte oriental del área de estudio, en la parte más alta limita con la autopista Norte vía a Paipa; y en la parte baja con la antigua vía Paipa.

Está compuesta por el área urbana de la microcuenca, está constituida por Bienestar Familiar, Portal del Canapro, **Palos Verdes**, Suamox, Portales de Mamore, Alcalá Real, Balcones de Terranova

Según la Alcaldía de Tunja, la microcuenca Capitolio, para la zona rural, corresponde al 53% del área de la cuenca, de lo cual, la zona urbana corresponde al 47% del área de la cuenca, constituida por los barrios, vereda la colorada, Muiscas, Torres del Este, Bienestar Familiar, Portal del Canapro, Palos Verdes, Suamox, Portales de Memoré, Alcalá Real. En las

ilustraciones 10, 11 y 12 se muestra la ubicación de la microcuenca Capitolio y la ubicación de la vivienda.



Ilustración 10 : Microcuenca Capitolio, zona 3 estudio de caso, (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

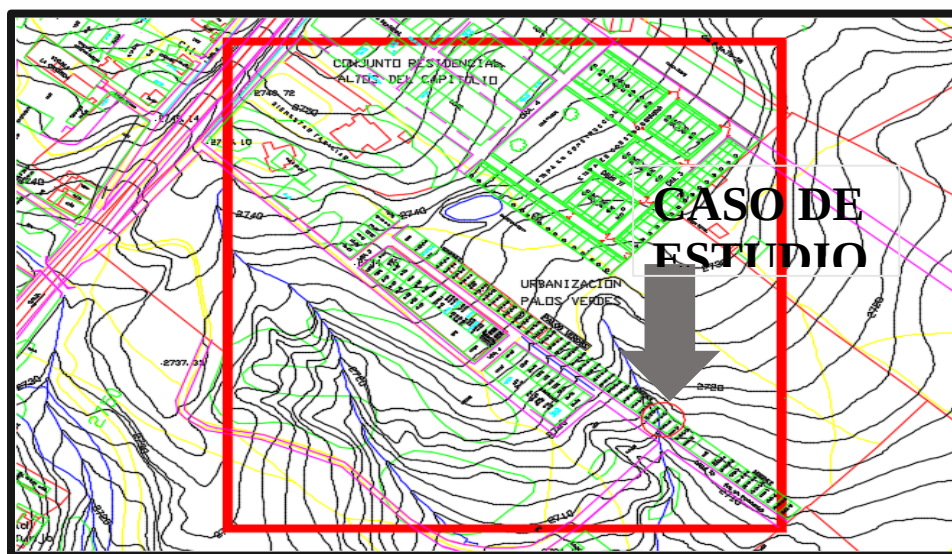


Ilustración 11: Curvas de nivel de la zona del caso de estudio. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

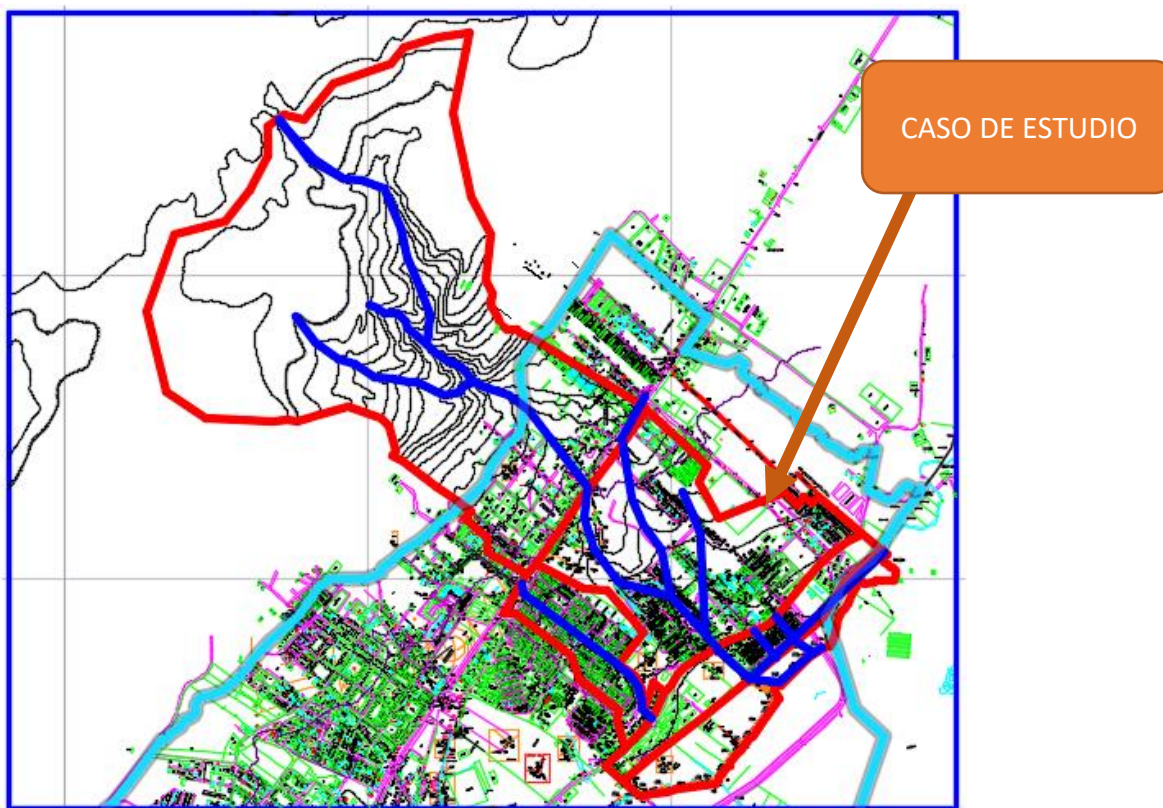


Ilustración 12: Ubicación de la microcuenca Capitolio en la ciudad de Tunja (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

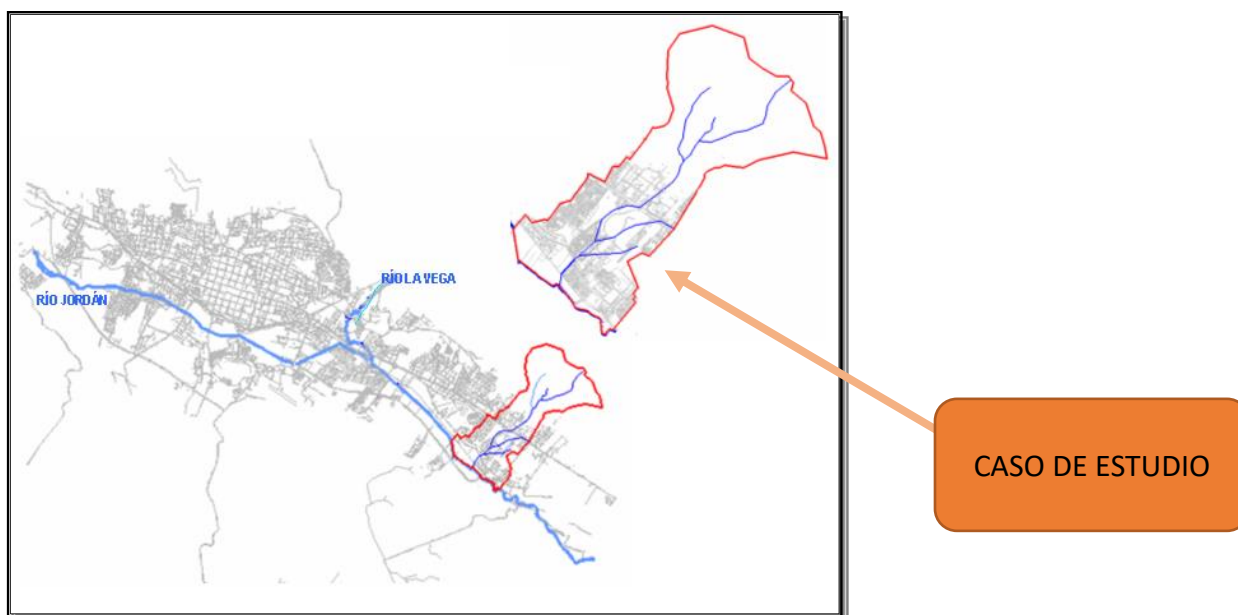


Ilustración 13: Ubicación espacial de la microcuenca Capitolio en la ciudad de Tunja. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

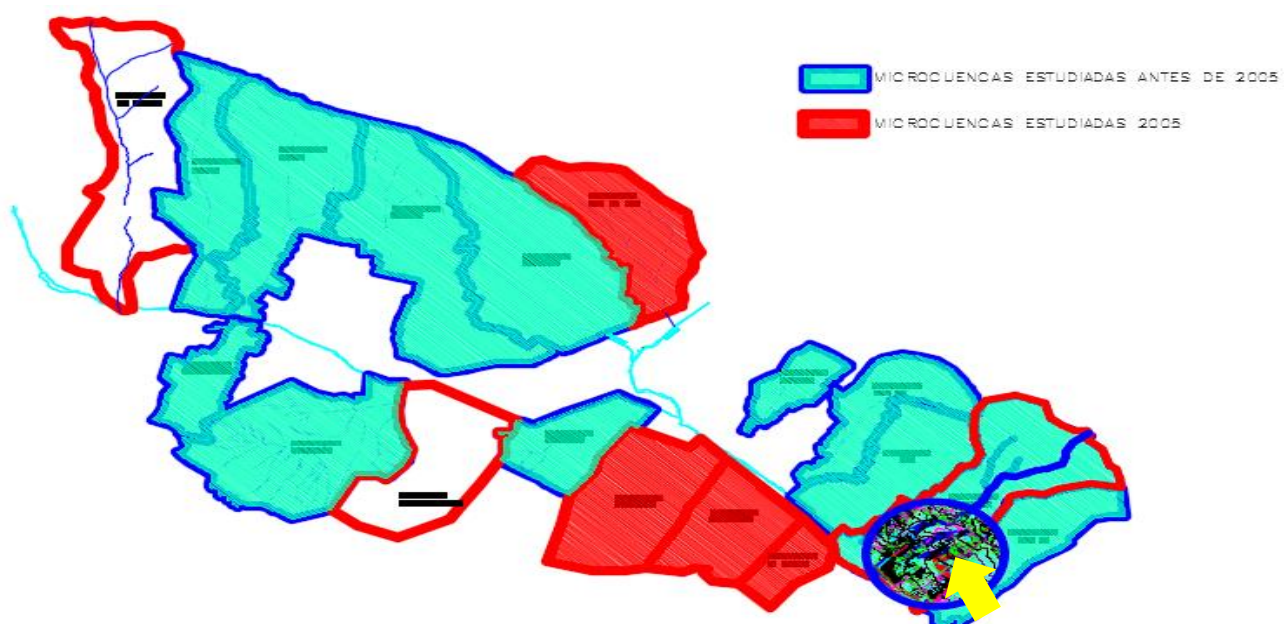


Ilustración 14: Microcuencas de la ciudad de Tunja, se enmarca en un círculo la ubicación de la vivienda, que corresponde a la CARCAVA CAPITOLIO. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

Geología

La microcuenca Capitolio, sitio donde se encuentra la vivienda, presenta:

Qfl: Depósitos cuaternarios Fluvio – Lacustre Depósitos no consolidados de limos constituidos por intercalaciones de arena y arcilla de color carmelita y con oxidaciones rojizas.

Estratigrafía. La zona de estudio presenta las formaciones correspondientes al terciario con espesores entre los 20 y 120 m, la descripción de las rocas aflorantes es la siguiente:

TQt: Tilatá. Arenas y limos de color variable entre amarillo y rojizo, con intercalaciones conglomeráticas y frecuente estratificación cruzada.

Tpb: Bogotá. Sucesión monótona de arcillolita abigarrada de colores gris, violeta y rojo en bancos y separados por niveles de arenisca arcillosa.

Tpc: Cacho. Arenisca cuarzosa de color amarillo a pardo oscuro, de grano fino a medio, presentando algunos niveles conglomeráticos.

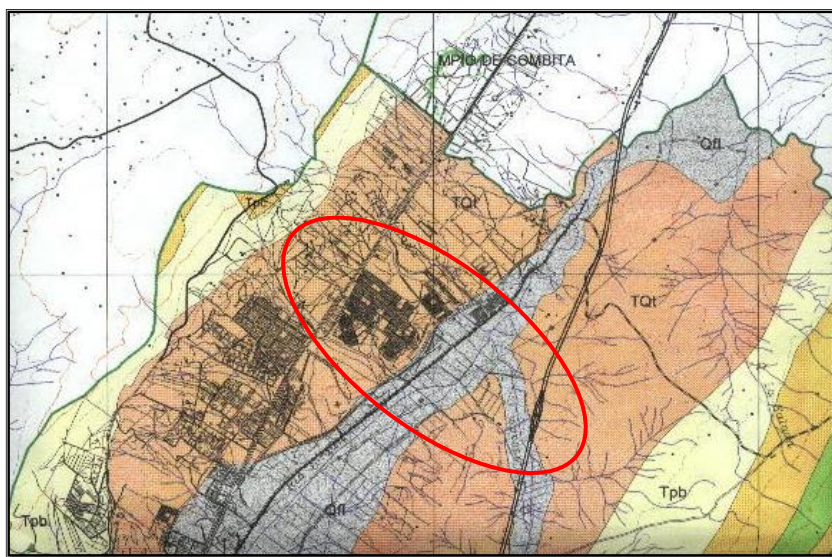


Ilustración 15: Geología de la cárcava capitolio. Fuente: Plan de ordenamiento territorial 2001 Municipio de Tunja

Área de microcuenca Capitolio.

Esta corresponde a toda la zona de estudio para la evaluación de caudales.

$$A_t = 2.175 \text{ Km}^2$$

Debido a la distribución espacial de la cuenca, esta se divide en área rural y área urbana, tomando como límite entre las dos, el Perímetro Urbano determinado en el Plan de Ordenamiento Territorial.

Así:

$$A_{\text{rural}} = 1.151 \text{ Km}^2$$

$$A_{\text{urbana}} = 1.023 \text{ Km}^2$$

Perímetro de la microcuenca Capitolio

Medida del límite exterior de la cuenca en unidad lineal de medida es de 8.49 Km.

Pendiente de la microcuenca Capitolio.

Es la relación entre la diferencia de elevaciones en la cuenca y la máxima longitud axial de la misma, determina en buena medida el grado de velocidad de la escorrentía superficial, así como el tiempo de concentración de la misma

$$\text{Máxima altura de la cuenca} = 2930 \text{ msnm}$$

$$\text{Mínima altura de la cuenca} = 2710 \text{ msnm}$$

$$\text{Longitud axial de la cuenca} = 2470 \text{ msnm}$$

División de la cuenca de drenaje

La alcaldía de Tunja, teniendo en cuenta la heterogeneidad presentada en la cuenca de drenaje, divide la microcuenca en cinco (5) zonas de comportamiento homogéneo, en función de pendientes, recubrimiento vegetal, dirección del flujo y estructuras de toma de caudales. En las siguientes ilustraciones y tablas se presenta lo enunciado. Nuestro estudio se encuentra ubicado dentro de la zona 3, que corresponde a la Urbanización Palos Verdes

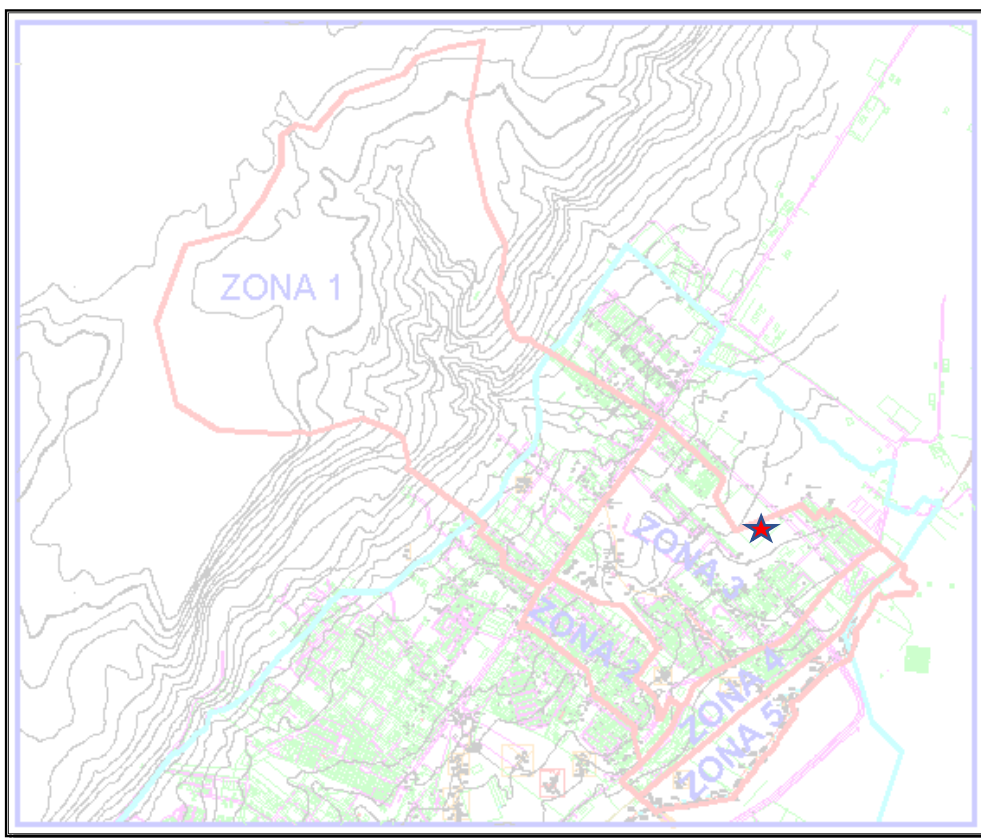


Ilustración 16: división en cinco zonas de la Cárcava Capitolio, zona 3 sitio de estudio de caso. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

Descripción de las cinco zonas de la cárcava capitolio

Tabla 9

Descripción de las cinco zonas de la Cárcava Capitolio

Zona	Área Km ²	Observaciones
Zona 1	1.353	En esta zona se encuentra el cauce principal del Zanjón. Tiene una pendiente del 11.52%. Está conformada principalmente por área rural y el área urbana de la Colorada, recoge las aguas hacia el zanjón y las conduce hasta el Box de la Avenida norte.
Zona 2	0.120	Se localiza en la parte Sur de la cárcava, está conformada en su totalidad por el área urbana de los barrios Muiscas y Torres del Este, con calles en su totalidad pavimentadas, dirige las aguas hacia el sumidero ubicado a la entrada de Torres del Este. Presenta una pendiente de 5.55%.
Zona 3	0.449	Se localiza en la parte Norte de la cárcava, está conformada por área urbana de los barrios Suamox, Palos Verdes, Portales de Canapro, Portales de Mamoré, Caminitos de Oicatá, Coeducadores, Alcalá Real, San José y parte del barrio Balcones de Terranova con calles pavimentadas, presenta un área con erosión y carcavamiento al Oriente del bienestar familiar. Las aguas son conducidas hacia los sumideros ubicados en la antigua vía a Paipa y al box coulvert del Suamox. La pendiente de esta zona es de 7.94%.
Zona 4	0.132	Se localiza en la parte oriental de la cárcava, está conformada por área urbana, con calles pavimentadas las aguas son recogidas a través de redes internas independientes de sumideros de los barrios Capitolio, Altos del Capitolio I , Altos del Capitolio II, Tejares del Norte, Arboleda y Fundación Universitaria de Boyacá. Presenta una pendiente de 6.92%.
Zona 5	0.121	Se localiza en la parte oriental de la cuenca, no presenta edificaciones, su pendiente es baja 5.02%, no hay construcciones significativas.

Zonas Cárcava Capitolio. (Fuente: Alcaldía Mayor de Tunja, plan de ordenamiento territorial 2001)

De la tabla anterior, la zona de estudio corresponde a la zona tres (3) que es el sitio de ubicación de la vivienda de este estudio, la cual se localiza exactamente sobre el drenaje natural.

Sistemas de cobertura vegetal.

Dentro de zona aleñada a la casa existe cobertura vegetal al respaldo de la misma, que se constituye en pasto y algunos arbustos pequeños, sin embargo dentro de la microcuenca, existe una densa concentración de Eucaliptos *Eucalyptus globulus Labill*, pinos ciprés *Cupressus lusitanica Miller* de 15 a 30 m de altura, arbustos y pastos kikuyos se encuentra en el sector del Bienestar Familiar, hasta palos verdes, estos árboles se encuentran con abundante concentración, lo cual puede disminuir la precipitación efectiva debido a la intercepción así como a velocidad de escorrentía superficial lo cual aumenta los niveles de infiltración debido a la formación de humus vegetal. También encontramos sectores que presentan erosión y cárcavamiento.



Fotografía 16 . Concentración de Pinos en la microcuenca Capitolio. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)



Fotografía 17 : sectores con árbol, otros con erosión y cárcavamiento microcuenca Capitolio. (Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999)

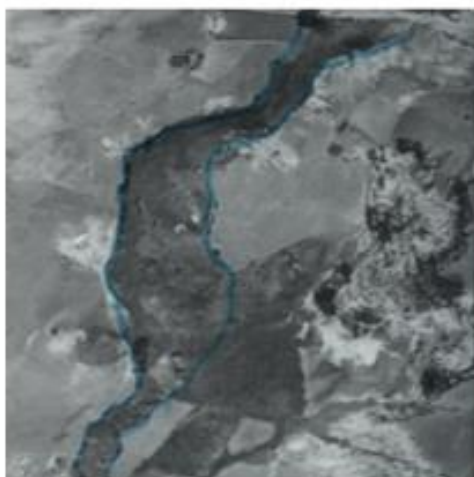


Fotografía 18 : Vista detrás de la vivienda, se observa pasto pequeños arbustos y zonas de cárcavamiento.

Crecimiento urbano de la cárcava Capitolio zona 3

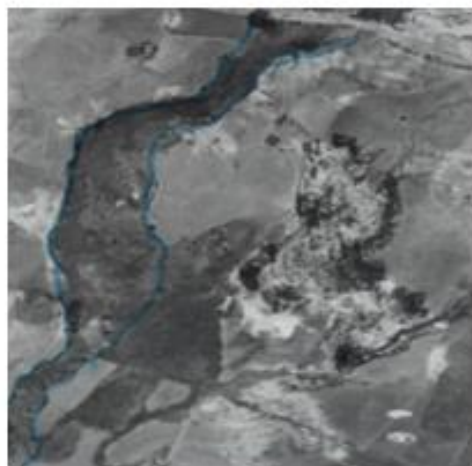
En las aerofotografías se puede observar el crecimiento urbano. Hasta 1981 aún no se había desarrollado este sector, para 1995 se observa el Barrio Suamox, el ITBOY, Bienestar Familiar y una pequeña parte del barrio Palos Verdes. Se ha conservado una zona de bosque que se encuentra contigua la Bienestar Familiar.

Aerofotografía zona 3 año 1957



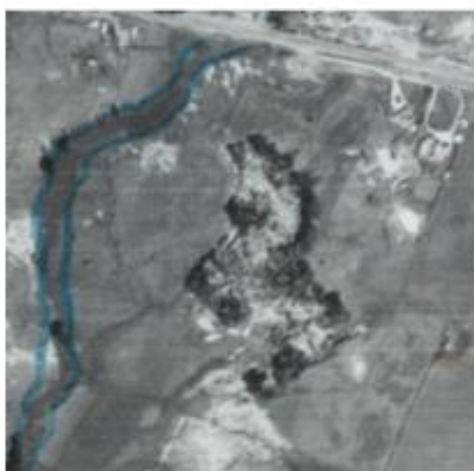
Fuente: IGAC

Aerofotografía zona 3 año 1972



Fuente: IGAC

Aerofotografía zona 3 año 1981



Fuente: IGAC

Aerofotografía zona 3 año 1995



Fuente: IGAC

Fotografía 19 : aerofotografías aéreas del IGAC, tomadas desde el año 1957 hasta 1995. Fuente IGAC

Entre 1957 y 1972 se rellenaron 1578.3 m²; el Zanjón se redujo en 20.2 %, en este período.

Entre 1972 y 1981 se rellenaron 1880.5 m²; el Zanjón se redujo en 25.8%, en este período.

Entre 1981 y 1995 se rellenaron 3508.2 m²; el Zanjón se redujo en 65.1%, en este período.

ARQUITECTURA

El inmueble corresponde a uso residencial de dos pisos de mampostería. La casa se ubica en la urbanización Palos verdes dispuesta de forma escalonada igual que las demás viviendas que conforman el conjunto residencial, tiene un área de 123 m², según se muestra en la tabla 4. En los anexos se presentan los planos de levantamiento.

ESTRUCTURA

La estructura de dos niveles, está conformada por un sistema de muros de mampostería sin refuerzo, los cuales, se apoyan sobre una cimentación en vigas de concreto ciclópeo a una profundidad no superior a 50cm. La vivienda está dispuesta sobre la ladera dentro de un grupo de casas que se están construidas en forma escalona sobre la pendiente.

La placa del segundo nivel se apoya sobre los muros de mampostería en una conformación de viguetas que apoya a su vez, una losa de 5 cm de espesor.

Finalmente, la cubierta en tejas de eternit se apoya sobre cercos de madera que a su vez se apoyan sobre la mampostería.

En las siguientes ilustraciones se presentan esquemas de lo dicho anteriormente.



Ilustración 17: Distribución muros de mampostería no reforzada. Fuente propia 2017.

En el presente capítulo se abordarán consideraciones de cargas vivas muertas y sísmicas; conceptualización estructural y procesos constructivo de la vivienda.

Calificación de la estructura

La vivienda cuenta con aproximadamente 23 años y el mayor signo de deterioro de la estructura se evidencia en las grietas y fisuras presentes en la generalidad de los muros e igual en los asentamientos diferenciales del orden de 19cm. Según recuento histórico este deterioro se presentó a temprana edad en la vivienda y se ha venido empeorando con el paso del tiempo.

La edificación se califica en alto grado de deterioro y muy probablemente con fallas en el suelos de la cimentación, estas lesiones deben ser atendidas e intervenidas para garantizar la estabilidad de la misma y de las casas vecinas.

Por diseño y construcción.

Los deterioros evidentes por medios de lesiones mecánicas en los muros y sentamientos, representada en esfuerzos y deformaciones, permiten calificar al proceso de diseño de la subestructura y construcción como insuficiente para las cargas transmitidas por la edificación.

Evaluación de la estructura en general.

En los anexos se presenta el estudio de vulnerabilidad realizado a la vivienda, el cual se efectuó de forma cualitativa en virtud de la ausencia de elementos estructurales y presencia de lesiones graves en la mampostería. En este sentido no fue necesario realizar un modelo

matemático ya que el sistema de resistencia sísmica presente en la vivienda de mampostería simple no está permitido por la norma NSR-10 para la ciudad de Tunja.

Determinación de las cargas sobre los elementos

Dado que el análisis de vulnerabilidad sísmica se efectuó de forma cualitativa y conceptual no es necesario presentar los datos de cargas, ya que el sistema de mampostería no cumple la normativa NSR-10 según se evidencia en el informe de vulnerabilidad y comentarios que se hacen adelante en el ítem de análisis de vulnerabilidad

Relación ente demanda y capacidad

La relación entre demandad y capacidad es inferior a uno para el caso de cargas de servicio, sin embargo para el caso de un evento sísmico de importancia la relación tiende a ser mayor a uno.

Para el particular del sismo de diseño la estructura tiene una vulnerabilidad alta, por la presencia de lesiones graves en todos los muros y la ausencia de un sistema capaz de soportar eventos sísmicos.

Propuesta de diseño estructural de la solución escogida

No es viable realizar un diseño de reforzamiento de la vivienda en virtud de la ubicación de la misma que se encuentra sobre el paso de agua de un canal natural, en este sentido la edificación presenta daños graves en la conformación de la misma, que requiere un estudio de reubicación para evitar que las viviendas vecinas sufran lesiones.

Entendidas estos canales naturales de agua, como elementos componentes del sistema de alcantarillado de la ciudad, (dada su posibilidad y potencialidad funcional en eventos pluviales), puede evidenciarse el grave compromiso hidráulico de las redes en episodio de lluvias. Esto ha ocasionado el desmejoramiento del suelo de fundación provocando asentamientos. En este aspecto, dado que el causante es un canal de agua se recomienda la rectificación y reconformación del cauce y la construcción del canal planteado como una solución definitiva al drenaje de las aguas lluvias, reubicando las viviendas comprometidas

DATOS ESPECIFICOS DE LESIONES

Afectaciones

Para la vivienda unifamiliar y de acuerdo con la exploración, lesiones y análisis de vulnerabilidad se puede concluir lo siguiente:

La estructura posee una cimentación continua en viga de concreto simple, apoyada sobre terreno altamente deformable, se evidencia presencia de material vegetal bajo la cimentación, que no fue retirado al momento de la construcción de la vivienda, además del paso de agua del canal por debajo de la vivienda que inyecta agua al suelo, provoca deformaciones altas.



Fotografía 20: Material del apique profundidad 1.4 a 1.6 m alto humedad, alta deformabilidad. Fuente propia 2017.



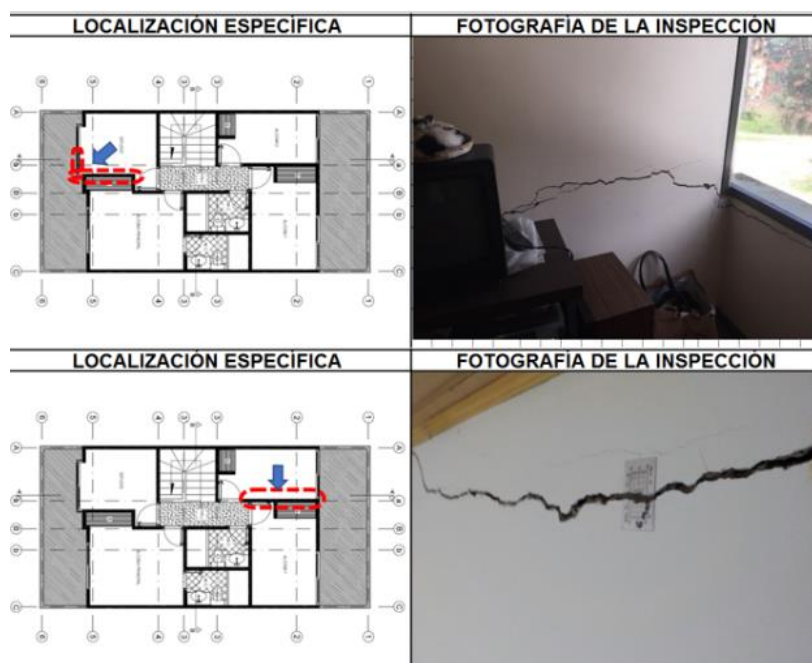
Fotografía 21 : Viga cimentación en concreto simple, profundidad 0.5m. Fuente propia 2017.

Apoyada sobre un terreno inadecuado, que ha generado asentamientos producto del paso de un canal de agua intermitente, que provoca alta deformabilidad en los suelos.



Fotografía 22: Apique 1 y sondeo 1, se evidencia suelos con alto contenido de humedad y altamente deformable, se ubica directamente bajo la viga de cimentación. Fuente propia 2017.

La mampostería se encuentra agrietada con un alto grado de vulnerabilidad y la mampostería afectada en prácticamente toda la vivienda.



Fotografía 23: Muros M22 y M23 del segundo piso agrietados por asentamientos. Fuente propia 2017.

El 78% de los muros presenta agrietamiento, lo cual se debe a los asentamientos diferenciales que llegan a los 19 cm de diferencia, tal como se observa en la ilustración 7 de toma de niveles bajo la placa del segundo piso.

La placa de concreto del segundo piso aún no se encuentra agrietada sin embargo la diferencia de desniveles de 19 cm entre puntos que no distan más de 10 m, podría causar lesiones futuras.

Ausencia de un sistema estructural competente para resistir fuerzas sísmicas, ya que el uso de mampostería no reforzada en zonas de amenaza sísmica intermedia no está permitido por la NSR-10, ya que sistema no es capaz de disipar energía.

Especificaciones de diseño y construcción.

En Colombia antes de 1984 no existía una norma o código sismo resistente, por tanto los constructores optaban por usar los códigos extranjeros de sismo resistencia. Solo hasta el año de 1984 en este país se aprobó la Ley 1400. Para el caso de la vivienda probablemente se utilizó el código colombiano de 1984 ya que fue construida en 1995.

La vivienda fue construida en muros de mampostería no reforzado, ni tampoco confinada, lo que iba en contra de la normativa de 1984.

No se pudo encontrar datos de la licencia de construcción, ni tampoco se pudo establecer ningún tipo e dato técnico sobre la construcción.

Localización y levantamiento de planos

En los anexos se presentan los planos que fue necesario realizar, ya que no se contó con planos originales de la vivienda:

- ✓ Planos de levantamiento arquitectónico que contiene plantas, cortes y fachadas.
- ✓ Planos de levantamiento estructural
- ✓ Plano de topografía de la zona, que incluye cortes del barrio.

Evaluación física y mecánica del concreto y/o materiales

De acuerdo a las exploraciones realizadas, se pudo establecer que la vivienda está constituida por ladrillos macizos sin ningún tipo de refuerzo, se encontraron evidencias de elementos de confinamiento de muros únicamente en algunos puntos de intersección de muros según se muestra en las siguientes fotografías. Por otra parte, se encontraron elementos de concreto en las vigas de cimentación conformadas en concreto simple sin refuerzo y la losa prefabricada del segundo piso. Sin embargo se tomaron cuatro núcleos para establecer la resistencia del concreto y realizar pruebas de carbonatación, los resultados se presentan en los anexos.



Fotografía 24: Vista general de la urbanización Palos verdes, se observa muros de mampostería en ladrillo macizo. Fuente propia 2017.



Fotografía 25: Vista de la Urbanización al respaldo de la misma, se observa mampostería en ladrillo macizo. Fuente propia 2017.

Estructuras de mampostería

El conjunto residencial Palos verdes donde se ubica la vivienda tiene un sistema de construcción en mampostería simple que no cumple recomendaciones de la NSR-10 respecto a los requerimientos de orden sísmico, así:

Los muros de mampostería simple no están permitidos, ni son recomendables para edificaciones ubicadas en zonas de amenaza de riesgo sísmico alta o intermedia, esto se puede apreciar en las tablas A.3-1 y 3-2 de la NSR10 que se muestran a continuación.

Tabla 10
Sistemas estructurales permitidos

Capacidad de disipación de energía	Zonas de amenaza sísmica		
	Baja	Intermedia	Alta
Mínima (DMI)	Permitido	No	No
Moderada (DMO)	Permitido	Permitido	No
Especial (DES)	Permitido	Permitido	Permitido

Tabla de la NSR-10 (Fuente reglamento sismo resistente título A)

Tabla 11

Sistemas de mampostería permitidos por la NSR-10 en zonas de amenaza sísmica

Sistemas de resistencia de cargas verticales y cargas horizontales.	Alta		Intermedia		Baja	
	Uso permitido	Altura máxima	Uso permitido	Altura máxima	Uso permitido	Altura máxima
Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	Si	50m	Si	Sin limite	Si	Sin Limite
Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	Si	30m	Si	50m	Si	Sin Limite
Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical.	Grupo 1	2 pisos	Si	12m	Si	18m
Muros de mampostería confinada	Grupo 1	2 pisos	Grupo 1	12m	Grupo 1	18m
Muros de mampostería de cavidad reforzada	Si	45m	Si	60m	Si	Sin limite
Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	No se permite		No se permite		Grupo 1	2 pisos

Tabla de la NSR-10 (Fuente reglamento sismo resistente título A)

Estudios y diseños realizados

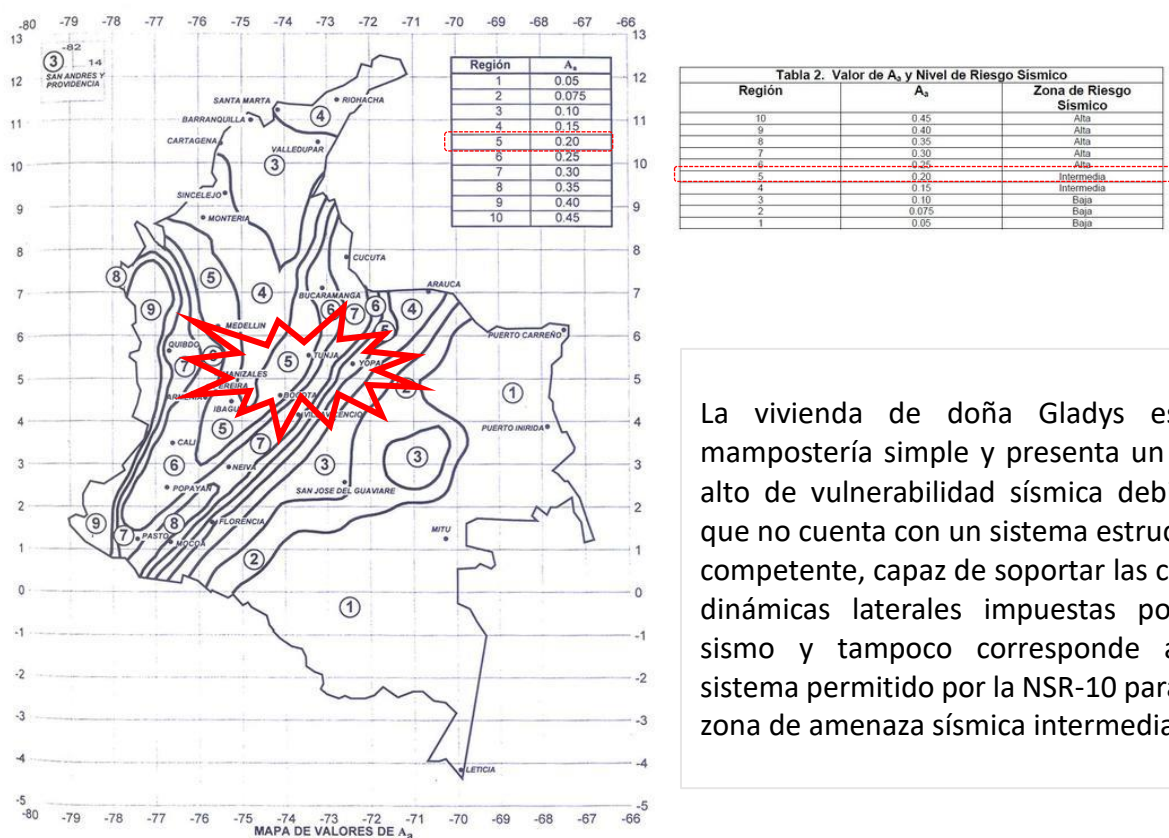
De la investigación realizada de la estructura se pudo constatar que la edificación no ha presentado intervenciones desde que fue construida y tampoco fue posible encontrar documentación de estudios originales. Sin embargo, para soporte de este trabajo se realizó un estudio de suelos y un estudio de vulnerabilidad sísmica los cuales se encuentran en los anexos, los mismos fueron utilizados para establecer las condiciones técnicas de la vivienda.

Análisis de vulnerabilidad

Para el departamento de Boyacá, en la zona de Tunja la norma recomienda un sistema estructural de mampostería reforzada entre otros (DMO) y la estructura encontrada se encuentra en mampostería simple que no cumple este requerimiento ya que presenta un sistema estructural de muros de carga de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía), por otra parte, además de este inconveniente los muros presentan fisuras y grietas que comprometen la estabilidad de la vivienda. Igualmente, hay presencia de asentamientos del orden de 18 a 20 cm, que se reflejan en las grietas que tienen la mayoría de muros de la vivienda.

De forma cualitativa y con base en lo observado de la vivienda de doña Myriam se puede afirmar que la estructura, debido a la falta de elementos que le otorguen una categoría DMO, y que además tiene muros con fallas graves, no está en condiciones de soportar las cargas que le impondría un sismo para la zona de amenaza sísmica intermedia y por lo tanto se puede afirmar que NO hay elementos que conformen un sistema de resistencia sísmica eficaz.

En conclusión la estructura presentan un nivel alto de vulnerabilidad sísmica debido a que no cuenta con un sistema estructural competente, capaz de soportar las cargas dinámicas laterales impuestas por un sismo y tampoco corresponde a un sistema permitido por la NSR-10 para una zona de amenaza sísmica intermedia. Todo esto aunado a la presencia de lesiones en la mayoría de muros.



La vivienda de doña Gladys es de mampostería simple y presenta un nivel alto de vulnerabilidad sísmica debido a que no cuenta con un sistema estructural competente, capaz de soportar las cargas dinámicas laterales impuestas por un sismo y tampoco corresponde a un sistema permitido por la NSR-10 para una zona de amenaza sísmica intermedia.

Ilustración 18: Zonas de amenaza sísmica para Tunja (Fuente reglamento sismo resistente título A)

DIAGNOSTICO

La edificación funcionalmente y bajo las cargas de servicio presenta graves problemas de lesiones por lo que representa un peligro para los ocupantes de la misma, por lo cual se recomendó el desalojo. De la tabla 6 se observa que el 78.4% de los muros están afectados de los cuales el 86% corresponde a fallas mecánicas, debidas al asentamientos en la cimentación que se manifiestan en grietas y fisuras. Por otra parte el 14% de las lesiones son físicas debidas a las filtraciones de agua que provocan humedad en los muros.

El grado de lesión de la casa es severa en un 60% de acuerdo a lo mostrado en la gráfica 1 y el 72% corresponde a grietas y fisuras, estas lesiones están activas lo que se evidencio con los testigos de yeso un año después de colocación del mismo, esto probablemente por la alta intensidad de lluvias del presente año que ha empeorado la problemática del asentamiento.

De la nivelación que se realizó bajo la placa del segundo piso, (ver ilustración 7) se evidencia que hay diferencias de nivel hasta 19 cm en una distancia no mayor a 10 metros, los mayores asentamientos están en los muros que conforman la entrada principal de la vivienda.

Del apique realizado se evidencio que la cimentación está constituida por una viga en concreto simple que se apoya superficialmente a una profundidad no mayor a 50 cm, bajo la misma se observa suelo areno-arcilloso con una capa importante de material orgánico, con gran contenido de humedad y alta plasticidad que favorece los asentamientos. También se evidencio que la casa está construida exactamente sobre el paso de una corriente natural de aguas lluvias que hace parte de la microcuenca Capitolio.

De acuerdo a las lesiones que presenta la vivienda resulta claro afirmar que las mismas son consecuencia de muchos factores que han detonado la presencia de asentamientos y son:

Construcción inapropiada sobre canales de agua intermitentes, producto de falta de la planeación de la ciudad e irresponsabilidad de los constructores. De las aerofotografías numeradas 18, se observa la invasión de construcciones desde el año 1995 en la cárcava Capitolio.

Proceso constructivo inadecuado por **no retirar** la capa vegetal y efectuar rellenos sobre la misma, esto se pudo constatar por la presencia de alto contenido de material orgánico presente en los sondeos.

No hubo tratamiento adecuado del canal de agua natural y fue invadido por la construcción de la vivienda afectando la red natural de aguas lluvias.

Finalmente, el proceso constructivo presenta falencia el sistema de resistencia sísmica, ya que Tunja está ubicada dentro de una zona sísmica intermedia y para la época de construcción debió respetarse el requerimiento y efectuar mampostería reforzada y no simple.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

Para realizar el estudio patológico fue necesario realizar los siguientes ensayos, que se encuentran en los anexos:

Ensayos No Destructivos - Para este tipo de ensayos se utilizarán los siguientes equipos:

Ferroskan: Detector de barras y recubrimiento en los elementos estructurales.

Fisurometro: Medidas en milímetros de las grietas y fisuras

Testigos de yeso: Establece si una grieta esta activa o no, es decir si hay o no movimiento del elemento.

Control de niveles: para verificar asentamientos.

Ensayos Destructivos - Para este tipo de ensayos se utilizarán los siguientes equipos:

Ensayos de Extracción de núcleos: Determinar la resistencia a la compresión del hormigón

Mapeo directo regatas: Para verificar localización y cantidad de aceros

Sondeo y apiques de suelos: Para verificar el estado actual del suelo de fundación y el nivel de la cimentación.

Pruebas de carbonatación: Determinar el grado de carbonatación en los elementos de concreto.

CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO

Propuesta de diseño de reforzamiento estructural o recomendación

Los asentamientos diferenciales han provocado que la casa presente diferencias de nivel de 18 a 20 cm y grietas diagonales en todos los muros, además por la disposición escalonada de las casas vecinas es probable que un futuro estas empiecen a presentar lesiones debido las deformaciones que experimenta el suelo a causa de los empujes laterales, esto por la presencia del cauce de agua lluvias que se encuentra directamente bajo la vivienda, que inyecta agua al suelo favoreciendo los asentamientos.

No es recomendable entonces rehabilitar o reforzar la vivienda, ya que el cauce de aguas lluvias que atraviesa es parte de la microcuenca Capitolio y como tal se debe constituir una futura red de aguas lluvias para la ciudad de Tunja, esto según el plan maestro de alcantarillado de la ciudad.

Para el canal o la cárcava se requiere la implementación de medidas inmediatas por parte de las entidades competentes tendientes a frenar inicialmente el proceso de urbanización sobre la zona de ronda del drenaje, para posteriormente dar inicio a la recuperación de toda el área de afectación y de esta forma integrar la zona ya recuperada al espacio público de la ciudad de Tunja.

Por lo anterior, la mejor opción sobre la vivienda es informar sobre la problemática de la casa a la entidades competentes de la Alcaldía y Alcantarillado de Tunja para plantearles o venderles el predio, en aras que la ciudad recupere el canal de aguas lluvias, aprovechando que dentro del plan maestro de alcantarillado se tiene planeado recuperar ambientalmente la cárcava del Capitolio, lo que da lugar a la rectificación y reconfiguración del cauce y la construcción del canal que otorgue una solución definitiva al drenaje de las aguas lluvias.

Sin embargo dado que la estabilidad de la casa involucra también la estabilidad de las casas vecinas en virtud de la disposición escalona en que se encuentran es recomendable, realizar a grandes rasgos, lo siguiente, para lo cual se debe involucrar a los entes gubernamentales, de tal manera que se logre un estudio más amplio que busque la recuperación ambiental de la microcuenca Capitolio:

- ✓ Construir un canal detrás de las casas que permita el manejo de agua de manera perimetral.
- ✓ Construir muros de contención en la parte posterior de la agrupación de viviendas que evite, futuros movimientos en masas, por la presencia de suelos erodables.
- ✓ Dentro de la vivienda construir un muro de contención sin demoler la vivienda de tal manera que se evite que las casas vecinas presenten grietas, una vez construido el muro de contención se podrá demoler la casa.

No es recomendable construir una nueva vivienda, ya que se encuentra construida sobre una red de drenaje natural que será recuperada por los entes gubernamentales de la ciudad de Tunja como un proyecto ambiental.

De acuerdo al plan maestro de alcantarillado, es necesario reconformar el cauce natural con una sección trapezoidal con el propósito de dar continuidad a este y optimizar el flujo llegando en forma adecuada al canal principal del río Jordán dado que un trayecto de este drenaje se ha perdido. Igualmente, recomienda que la reconformación de la sección se deba realizar a lo largo de todo el cauce, y reconformar los taludes y empedrar las superficies que se encuentran desprovistas de vegetación. En la siguiente ilustración se presenta un esquema propuesto.

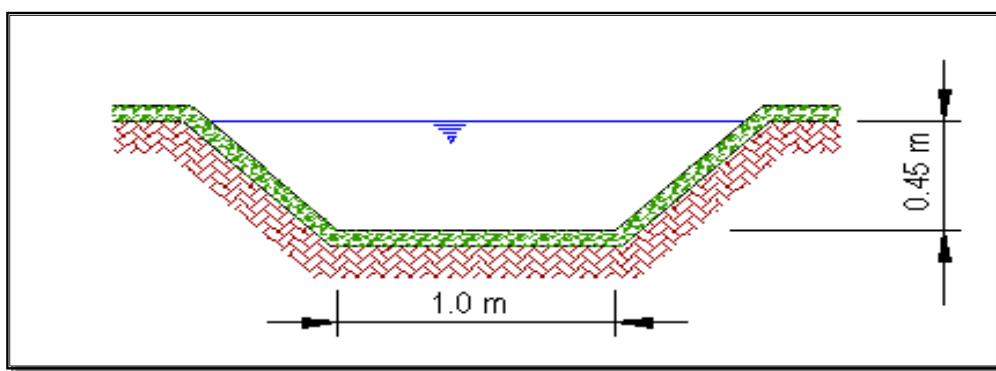


Ilustración 19: Sección recomendada para la reconformación y rectificación del cauce. Fuente: Plan maestro de alcantarillado de Tunja 1999

Presupuesto

Para el presupuesto de esta intervención se requiere un estudio más general que abarque toda la zona que involucra la cárcava Capitolio desde la compra o adquisición de inmuebles y predios, la ejecución de diseños, los planes de mejoramiento ambiental, estudios hidrológicos, hidráulicos etc., para poder determinar un presupuesto. Sin embargo de manera puntual se presenta un presupuesto que contiene la construcción de un muro al interior de la casa y demolición de la misma luego de construir el muro, no sin antes olvidar que antes de la ejecución del mismo es conveniente profundizar en el estudio del canal natural para verificar la cantidad de casas vecinas involucradas, para determinar o no la conveniencia de construir o reubicar el futuro muro. El presupuesto así determinado asciende a la suma de \$124`155.464 según tabla siguiente.

Tabla 12

Presupuesto construcción de muro y demolición de la vivienda

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para muro de contención, incluye formaleta	M ³	44.35	\$1.000.000.00	\$44.352.000.00
2	Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ para refuerzo	kg	4435.20	\$3.500.00	\$15.523.200.00
3	Pilotes pre excavados D=20cm L =15cm, incluye perforación, concreto y acero	unid	12.00	\$2.200.000.00	\$26.400.000.00
4	Demolición de vivienda, incluye retiro de material a escombrera autorizada	M ²	123.00	\$100.000.00	\$12.300.000.00
Subtotal					\$98.575.200.00
AIU 25%					\$24.643.800.00
IVA sobre la utilidad 5%					\$936.464.40
Total					\$124.155.464.40

Datos de presupuesto de obra (Elaboración propia)

En las siguientes ilustraciones se presenta de forma esquemática los detalles de construcción del muro, igualmente en los anexos se presentan planos del mismo.

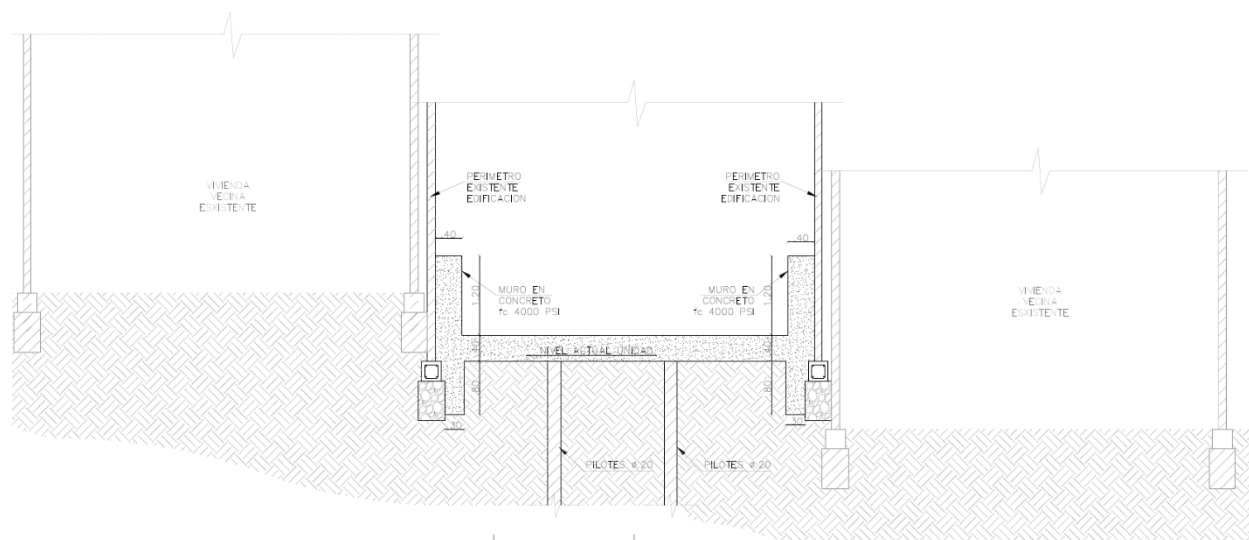


Ilustración 20: Esquema de solución adoptada de construcción de muro, demoliendo la casa. **Fuente propia 2018.**

CONCLUSIONES

De acuerdo con la exploración realizada, inspección visual y laboratorios tomados a la vivienda, evidenciamos que la patología es el producto de un diseño inadecuado y problemas en la ejecución de obra; puesto que, los ensayos arrojaron suelo areno-arcilloso con una capa importante de material orgánico, se encontró una cimentación superficial no apropiada para este tipo de suelos; entre otras cosas, la vivienda quedo construida en la parte baja de una ladera y justamente sobre el paso de una corriente de agua intermitente proveniente de un pequeño lago que se ubica en la cima de ladera y que hace parte de la microcuenca capitolio.



Fotografía 26: Obstrucción del cauce natural por la urbanización Palos Verdes. Fuente propia 2017.

Por lo tanto, el diseño del proyecto no contempló la condición del suelo, no se propuso reemplazo del material y en cambio de mantenerlo, no se propuso cimentación adecuada para la condición del suelo presente; sumado a esto no se le dio un manejo adecuado para el flujo de agua que transita por el canal de desagüe del lago de la parte alta de la ladera, el cual ha generado saturación en el suelo provocando deformaciones, con el agravante que la desembocadura del cauce es una caja de inspección justo detrás de la vivienda sin la capacidad para almacenar el flujo existente y por encima de la cota de terreno, todo ello favoreciendo la infiltración de agua superficial y la saturación del suelo.

Por otro lado, la cimentación en concreto simple se encuentra apoyada directamente sobre el suelo areno-arcilloso que se encuentra en un espesor de 3 metros con un nivel de humedad alto, prácticamente un material de barro que experimenta grandes deformaciones, motivo por lo cual la casa presenta asentamientos diferenciales que han provocado lesiones mecánicas tipo grietas sobre los muros de la misma.

RECOMENDACIONES

Dado que existe el plan maestro de alcantarillado de Tunja que contempla la recuperación ambiental de la cárcava Capitolio y que la vivienda de dona Myriam está obstruyendo el curso natural de aguas que constituye un brazo del canal natural de lluvias, es conveniente utilizar este informe para avisar a la Alcaldía y Alcantarillado de Tunja sobre la problemática de la casa, con el fin de que sea adquirida por los entes gubernamentales.

En este sentido, la situación actual del canal natural denominado cárcava Capitolio, requiere la implementación de medidas inmediatas por parte de las entidades competentes tendientes a frenar inicialmente el proceso de urbanización sobre la zona de ronda del drenaje, para posteriormente dar inicio a la recuperación de toda el área de afectación y de esta forma integrar la zona ya recuperada al espacio público de la ciudad de Tunja. En este aspecto, la optimización hidráulica de la unidad hidrológica del Capitolio provee varios beneficios tanto a la comunidad como a la ciudad en general, pues, este nuevo sistema pluvial entraría a formar parte de la red de alcantarillado del municipio.

BIBLIOGRAFÍA

Alberto, D. M. (2017). *Patologia Estructural Guia de Normas y Ensayos Basicos*. Bogota: Universidad Santo Tomas.

Alcaldia de Tunja. (1999). *Plan maestro de alcantarillado*. Tunja.

Alcaldia de Tunja. (2001). *Plan de Ordenamiento Territorial Tunja*. Tunja.

Camara Industrial de Ceramica Roja. (s.f.). *CICER*. Obtenido de Patologias en mamposteria de Ceramica Roja, ficha 2: <http://www.ceramicaroja.com.ar/cicer-informes-tecnicos>

Centro de Investigacion en Gestion Integral de Riesgos. (2009). *Patologias en las edificaciones, Modulo III-seccion IV*. Obtenido de CIGIR: http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf

Jose, T. C. (2004). *Patologia de la construccion, grietas y fisuras en obras de hormigin, origen y prevencion*. Republica Dominicana: Ciencia y sociedad.

Ministerio de Ambiente , Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente NSR-10*.

ANEXO 1

Planta estructural de cimentación y nivelación

Planta estructural segundo piso y cubiertas.

Planta muros

Plantas arquitectónicas.

Cortes arquitectónicos

Muro de reforzamiento y demolición de vivienda

Levantamiento topográfico del barrio y cortes.

ANEXO 2

Estudio de vulnerabilidad

ANEXO 3

Estudio de suelos

ANEXO 4

Resultado de laboratorio de suelos

Resultado de laboratorio de concretos.

Resultado de movimiento de grietas y fisuras activas o pasivas

Mapeo directo regatas

Carbonatación

ANEXO 5

Formatos de exploración de lesiones

ANEXO 6

Informe de levantamiento topográfico, cartera de levantamiento y planos.