

Estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Tunja mediante sistemas de información geográfica

Preliminary study of seismic vulnerability of Tunja city by geographic information systems

Lina Lorena Carreño Pérez*

Wilson Alfredo Medina Sierra**

Néstor Iván Rojas Gamba***

Resumen

Se realiza un análisis y caracterización cualitativa de las estructuras de la ciudad siguiendo lo establecido en el Título A.10 de la Norma Sismo Resistente Colombiana del 2010 para la fase preliminar de vulnerabilidad. El estudio se ha desarrollado en cuatro barrios de la ciudad de Tunja y avanza con cuatro más; este se desarrolla mediante la utilización de herramientas básicas como encuestas e inspecciones visuales a las edificaciones, con lo cual se diligenció un formato en donde se plasmaron las características principales y de mayor importancia, que permitieron identificar las condiciones estructurales existentes y las fallencias que presentaban las edificaciones. La información obtenida se empleó para generar una base de datos

que fue cargada a un sistema de información geográfica, de fácil acceso, para identificar el tipo de estructuras presentes en la zona. Los resultados de la investigación permitieron identificar el estado de las edificaciones diferentes barrios de la ciudad por medio de planos temáticos, donde se encontró que la mayoría de edificaciones presentes en la zona tienen una calidad de diseño mala y un estado regular.

Palabras clave: Estructuras, Condiciones Estructurales, Fallencias, Sistema de Información Geográfica, Estado de las Estructuras, Calidad del Diseño.

Keywords: Structures, Structural Conditions, Gaps, Geographic Information System, State of Structures, Design Quality.

* Ingeniera Civil, Universidad Santo Tomas Tunja, carrenoperez.linalorena@gmail.com

** Ingeniero Civil, Esp., Universidad Santo Tomas Tunja, docente facultad de Ingeniería Civil, wmedina@ustatunja.edu.co

*** Ingeniero Civil, MsC. (c), Universidad Santo Tomas Tunja, docente facultad de Ingeniería Civil, nrojas@ustatunja.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios de vulnerabilidad sísmica durante los últimos años se han convertido en parte importantes para la implementación de sistemas de prevención de riesgo tanto a nivel mundial como nacional. En Colombia, la implementación de este tipo de estudios surge con el fin de salvaguardar vidas que se pierden en el momento de la ocurrencia de sismos fuertes, que ocasionan el colapso de construcciones en mal estado, resultando en un gran número de víctimas y experiencias desastrosas en el país.

De acuerdo a la clasificación de la Norma Sismo Resistente Colombiana del 2010, la ciudad de Tunja se ubica en una zona de amenaza sísmica intermedia. Sin embargo, Tunja es una de las ciudades que atraviesa una de las fallas más importantes en el país y está situada en un terreno donde se encuentran pozos profundos, cárcavas y actividad volcánica cercana. En la ciudad en su gran mayoría presentan construcciones muy antiguas, lo cual hace que gran parte de sus estructuras hayan sido construidas con sistemas constructivos de la época y sin ningún tipo de norma que exigiera un mínimo de requisitos en las estructuras.

Teniendo en cuenta los movimientos sísmicos que se han presentado en el país durante los últimos años, y que han afectado la zona donde se ubica la ciudad, es importante implementar este tipo de proyectos en los cuales se identifique la calidad y estado de las estructuras, ya que se observa el papel que juega Ingeniero Civil en cuanto a la protección de la vida humana y el uso de su ética profesional, en la adecuada utilización de los conceptos e interpretación de los diferentes códigos que hacen parte de buena construcción. Lo anterior lleva a abrir un gran espacio en el cual es necesario pensar más en el bien común.

II. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

A. Socialización.

En cada uno de los barrios se han socializado este tipo de proyectos con cada una de las juntas de acción comunal de los barrios seleccionados para el estudio, para de esta manera informar a los habitantes sobre las actividades a realizar, luego se hizo la recolección de información estructural de cada vivienda de la zona, lo cual incluyó mapas con divisiones prediales e información sobre la población del barrio tomada de la base de datos del Sisben (tabla 1).

Tabla 1. Población caso de estudio Barrio las Américas

BARRIO	EADADES		
	DE 0-18	DE 18-60	MAYORES DE 60
AMERICAS	276	658	106

Fuente. Sisben

B. Encuestas.

Para la realización de las encuestas y toma de datos de cada una de las viviendas en campo, se tomó el formato diseñado por el ingeniero Daniel Rodríguez y el Ingeniero Wilson Medina utilizado para el caso de estudio del barrio *Kennedy* en la ciudad de Tunja. Por medio de visitas a cada una de las viviendas y la inspección visual, se hizo el diligenciamiento de la información del formato en donde se registran las características principales y necesarias para el estudio, este formato contiene 12 parámetros:

- Identificación de la edificación
- Condiciones existentes
- Identidad de la edificación
- Descripción estructural
- Estado de la edificación
- Tipo de escaleras
- Configuración de placas
- Inspección
- Evaluación de la estructura
- Esquema
- Recomendaciones y comentarios

C. Evaluación de la estructura

Se realizó la evaluación de las edificaciones de acuerdo con la calidad y estado, según lo definido en los títulos A.10.2.2.1 y A.10.2.2.2 de la NSR-10. Esta evaluación se realiza de manera cualitativa teniendo en cuenta el criterio establecido en la normatividad vigente [1].

1) Calidad del diseño y la construcción de la estructura original. La evaluación de las edificaciones se realizó en términos de la mejor tecnología existente en la época en que se construyó la edificación. Utilizando información como: registro de interventoría de la construcción y ensayos realizados, en esta evaluación se tuvo en cuenta el potencial mal comportamiento de la

edificación debido a distribución irregular de la masa o la rigidez, ausencia de diafragmas, anclajes, amarres y otros elementos necesarios para garantizar el buen comportamiento de ella ante las distintas solicitaciones, la calidad del diseño y la construcción de la estructura original se calificó según cada caso como buena, regular o mala, acorde con lo establecido en la NSR10 (tabla 2).

Tabla 2. Calidad del diseño

	BUENA	REGULAR	MALA
Φ_c	1.0	0.8	0.6

Fuente. NSR10

2) **Estado de la estructura.** Se realizó la calificación del estado actual de la estructura de la edificación, basada en aspectos detectados en la inspección de cada vivienda, los cuales como: sismos que la puedan haber afectado, fisuras por cambio de temperatura, corrosión de las armaduras, asentamientos diferenciales, reformas, deflexiones excesivas, estado de elementos de unión y otros aspectos que permitan determinar su estado actual.

El estado de las estructuras existentes se calificó como buena, regular o mala, según lo establecido en la NSR10 (tabla 3).

Tabla 3. Estado de la edificación.

	BUENA	REGULAR	MALA
Φ_e	1.0	0.8	0.6

Fuente. NSR10

Teniendo la información recopilada de las construcciones existentes en cada barrio, se procedió a tabularlas en una base de datos en hojas de procesamiento de datos, donde se plasmaron cada uno de los parámetros del formato utilizado.

Por medio de la utilización del software GIS se espacializó la interacción de los parámetros más importantes de las características de las edificaciones de cada barrio. Los datos se almacenaron en un geodatabase y por medio de esta se generaron mapas temáticos que muestran en las edificaciones del barrio con características específicas.

D. Resultados

1) **Resultados Generales.** El software GIS permite interactuar de una manera más útil, con la información que poseen las edificaciones, mostrando la caracterización de los atributos en planos temáticos que representan el comportamiento espacial de una variable de la edificación.

Por medio de un *symbology*, se pueden apreciar las condiciones que poseen las edificaciones de cada barrio, como la calidad del diseño y estado de la Edificación; en la figura 1 se aprecia la calidad del diseño para el barrio Las Américas.

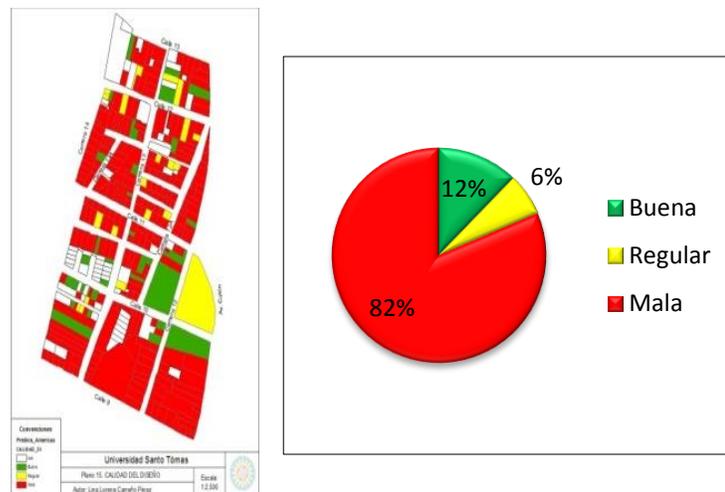


Figura 1. Calidad del diseño.
Fuente. Autores.

Como ejemplo del trabajo que se está desarrollando se tiene el caso de estudio del Barrio las Américas, donde el 82% de las edificaciones están caracterizadas con la condición de “Mala”, generado principalmente por las técnicas utilizadas en el momento de la construcción.

El sistema estructural (figura 2), es uno de los parámetros más importantes para poder tener una idea de las condiciones que presentan las

edificaciones, de las 328 edificaciones existentes en el caso de estudio del Barrio Las Américas, el 71% presentan un sistema estructural de mampostería no reforzada, el 14 % de estas presentan un sistema estructural tipo mampostería confinada, el 11 % está construida en adobe, y tan solo un 3 % presenta pórticos de concreto (sistema recomendado para un buen comportamiento de las estructuras en el momento de un sismo).



Figura 2. Sistema estructural
Fuente: Autores

El estado de la edificación (figura 3), se clasificó de acuerdo a los deterioros en las estructuras que hayan podido ser causados por eventos sísmicos pasados, cambios en temperatura, corrosión en las armaduras y reformas, en general todos los aspectos que se describen en la NSR10 para poder

tomar decisiones sobre la calificación a emplear. De todo esto se encontraron 9 edificaciones en mal estado correspondientes al 3%, 209 edificaciones en estado regular correspondientes al 64% y 109 viviendas en buen estado, que corresponden al 33%.

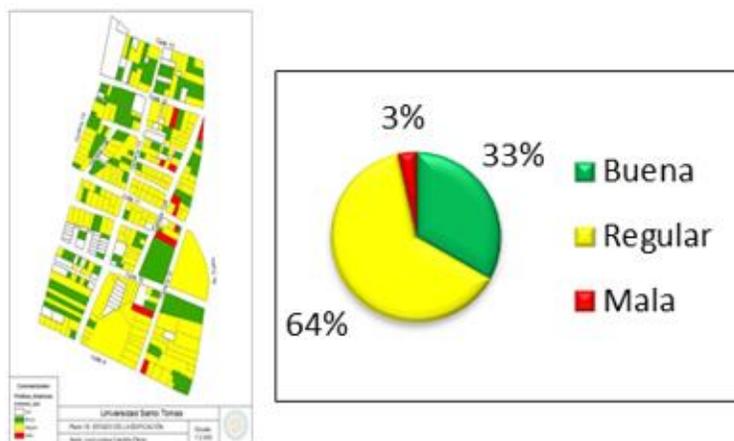


Figura 3. Estado de la Edificación
Fuente. Autores

2) **Casos Relevantes.** Se muestran algunos casos relevantes, encontrados en la evaluación de las construcciones.

- Edificación en abandono, ubicada en la Av. Colón con C112, irregularidad en planta y en altura. Sistema constructivo de muros de carga en adobe, se evidencia desprendimiento considerable en uno de sus muros de fachada.

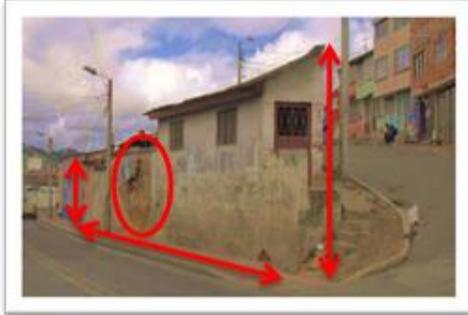


Figura 4. Edificación en mal estado

Fuente. Autores

- Edificación ubicada en terreno escarpado. Se observa agrietamiento a simple vista en los muros de fachada, además se observa humedad por escurrimiento de agua en la parte superior de los muros.



Figura 5. Agrietamiento en los muros de carga

Fuente. Autores

- Edificación de uso residencial, en mampostería no reforzada. Se observa irregularidad en altura, falta de redundancia estructural, la ausencia de ejes que conforman una estructuración inconveniente ante un evento sísmico.



Figura 6. Irregularidad en altura

Fuente. Autores

III. CONCLUSIONES

Se pretende realizar este estudio en toda la zona urbana de la ciudad de Tunja, hasta la fecha se tienen cuatro barrios terminados, y se pretende que se constituya en una herramienta para futuros estudios de vulnerabilidad sísmica, que son necesarios en estudios más detallados como los de microzonificación sísmica, los cuales son cruciales para la ciudad.

El sistema estructural predominante dentro del caso de estudio barrio las américas corresponde a muros de carga con un 98% de las edificaciones estudiadas y tan solo el 2% corresponden al sistema de pórticos en concreto.

De acuerdo a los criterios mencionados en la normativa vigente para Colombia, NSR10, el 81% de las edificaciones presentes en la zona de estudio presentan una mala calidad del diseño debido a la falta de elementos estructurales con características sísmo resistente.

El 64% de las edificaciones presentan un estado regular que se atribuye a fisuras, humedades y un mal mantenimiento de las estructuras por parte de los propietarios.

El lugar donde se encuentra el caso de estudio barrio Las Américas hace parte de la zona montañosa de la ciudad de Tunja, el 21% de las

edificaciones se encuentran cimentadas en terrenos inclinados y el 37% en terreno plano.

El acceso al barrio Las Américas es limitada por las calles debido a las altas pendientes e inclinaciones presentes en la zona, lo que dificulta la entrada eficiente de vehículos pertenecientes a entidades encargadas de atender emergencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Norma Sismo Resistente Colombiana del 2010 (NRS10).

[2] AGUDELO PANQUEVA, Adriana Edith “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Tunja”. UPTC. Tunja. 1999.

[3] ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA (ACIS)- LA RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN LA PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMERICA LATINA (LA RED): “manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería”.

[4] CABALLERO GUERRERO, Alvaro Rafael “Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica, Sincelejo”. Universidad del Norte de Sincelejo. 2010.

[5] CAICEDO, Diana, FONSECA, Edgar Javier, “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Tunja”. Tunja. 2000.

[6] INSTITUTO GEOFISICO UNIVERSIDAD JAVERIANA- CONSULTORIA COLOMBIANA: “Microzonificación sísmica preliminar de Tunja”. Resumen ejecutivo julio 2000.

[7] RODRIGUEZ, Daniel. Tesis de pregrado: “Análisis del estado de las edificaciones del barrio Kennedy de la ciudad de Tunja a través de un sistema de información geográfica”. Universidad Santo Tomas. Tunja 2012.