

Estudio comparativo del método italiano y de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, para obtener el índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas - caso Riobamba, Chimborazo

Comparative study of the Italian method and that of the National Risk Management Secretariat to obtain the seismic vulnerability index of the dwellings - Riobamba, Chimborazo case

David Alejandro López Niama

Instituto Superior Tecnológico “Riobamba”, Riobamba, Ecuador

davidlopez89.ldu@hotmail.com

RESUMEN

Riobamba se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, por ello existe la necesidad de realizar un estudio sobre vulnerabilidad sísmica de las viviendas, el mismo que se enfoca especialmente en los barrios La Victoria y Miraflores dentro de esta ciudad.

Los factores que contribuyen a que una vivienda sea vulnerable son: mala configuración, falta de estructuración, deficiente cimentación, discontinuidad de elementos, ampliaciones y reducciones sin control, mano de obra no calificada y la falta de dirección técnica adecuada. A través de este trabajo de investigación se evaluó los índices de vulnerabilidad sísmica en 34 viviendas en el barrio Miraflores y 52 en el barrio La Victoria, empleando dos metodologías: Método Italiano y Método de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR).

Empleando el método SNGR en los barrios de estudio, se ha reportado un 100 % de viviendas con vulnerabilidad baja, es decir que son seguras ya que la evaluación básicamente solo relaciona el estado de conservación, lo que genera poca confiabilidad en el método. En cambio, con el método italiano su análisis se enfoca en el comportamiento estructural de toda la vivienda dando como resultado un 7% de viviendas seguras, 90% corresponde a viviendas con mediana vulnerabilidad y un 3% representa a viviendas altamente vulnerables. Por lo tanto, la mejor opción de análisis de vulnerabilidad es la metodología italiana ya que genera resultados en los que se pueden confiar y tomarlos en consideración para una correcta evaluación sísmica de viviendas.

Palabras Claves

Riesgo, Sismo, Vulnerabilidad, Viviendas

ABSTRAC

Riobamba is located in an area of high seismic risk, therefore there is a need to carry out a study on the seismic vulnerability of homes, which focuses especially on the La Victoria and Miraflores neighborhoods within this city. The factors that contribute to a home being vulnerable are: poor configuration, lack of structure, poor foundations, discontinuity of elements, uncontrolled extensions and reductions, unskilled labor and the lack of adequate technical direction. Through this research work, the seismic vulnerability indices were evaluated in 34 homes in the Miraflores neighborhood and 52 in the La Victoria neighborhood, using two methodologies: the Italian Method and the Method of the National Secretariat for Risk Management (SNGR). Using the SNGR method in the study neighborhoods, 100% of homes with low vulnerability have been reported, that is, they are safe since the evaluation basically only relates to the state of conservation, which generates little reliability in the method. On the other hand, with the Italian method, his analysis focuses on the structural behavior of the entire dwelling, resulting in 7% of safe dwellings, 90% corresponds to dwellings with medium vulnerability and 3% represents highly vulnerable dwellings. Therefore, the best option for vulnerability analysis is the Italian methodology as it generates results that can be trusted and taken into consideration for a correct seismic evaluation of homes.

Keywords

Risk, Earthquake, Vulnerability, Housing.

I. Introducción

Históricamente han existido un sin número de eventos sísmicos registrados en todo el mundo los mismos que han causado innumerables pérdidas tanto humanas, materiales y económicas; algunos de los más fuertes, ocurridos en los últimos años son: el registrado en Haití el 12 de enero del 2012, el 27 de febrero de 2010 en Chile y el producido en Ecuador en el mes de abril del 2016; por esta razón fue muy importante realizar investigaciones de vulnerabilidad sísmica.

El terremoto de Riobamba en 1797 es el de mayor intensidad entre los que ocurridos en nuestro territorio, afirmación que se funda en los efectos que tuvo. Incluso fue uno de los más grandes del continente, si nos atenemos a lo que testifican varios manuscritos en los que se lo catalogó como "... el temblor más formidable que se haya experimentado desde el descubrimiento de América hasta aquel día..." [1].

En la mayoría de casas cayó desde sus cimientos, perdiéndose hasta el trazado de las calles. A la destrucción causada por la vibración del suelo, se sumó el deslizamiento del monte Cullca al pie del cual se encontraba la ciudad sepultando tres barrios, hasta la plaza de La Merced, con un volumen de tierra que hizo imposible rescatar personas o bienes.

De acuerdo con el plano de la antigua Riobamba y la ubicación de la plaza de La Merced, se cubrió aproximadamente la cuarta parte de la ciudad. Quedaron destruidas todas las iglesias y conventos, edificios públicos, el hospital y sus seis escuelas. Muchas otras poblaciones del corregimiento de Riobamba, también fueron prácticamente arrasadas y en general todas sus parroquias experimentaron daños mayúsculos.

El principio básico de una construcción sismo resistente es que la estructura de las viviendas y/o edificaciones funcionen como un todo unido, es decir como algo monolítico; impidiendo que se agriete con sismos pequeños y que colapse con sismos fuertes.

La necesidad de contar con vivienda propia por parte de la colectividad ha generado procesos autogestionados conocidos como construcción informal, los propietarios mediante su esfuerzo, adecúan el lugar, utilizando materiales de bajo costo, que en muchas ocasiones no cuenta con una asesoría técnica especializada, acarreando problemas en la funcionalidad y sobre todo en la vulnerabilidad de la estructura.

Varios de los motivos que indica la gente de realizar una construcción informal son: costumbre, evitar inspecciones municipales, desconocimiento, falta de planificación y el costo de elaboración y demora de la aprobación del proyecto; los cuales son exigidos por los técnicos del departamento de Construcciones del GADM Riobamba para regular, aprobar y supervisar la documentación y el proceso constructivo de

cada obra civil.

Además, la ciudad de Riobamba se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, es por tal motivo que se determinó el índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes en los barrios: la Victoria y Miraflores utilizando el método italiano y el método de la secretaria nacional de Gestión de Riesgos.

Con el fin de obtener estimaciones aceptables del riesgo sísmico es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica de los componentes (estructural, no estructural y funcional) expuestos. Esta condición es propia de cada edificación y su evaluación es un proceso complejo y laborioso.

II. Método

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley, causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño [2].

El alcance del estudio de vulnerabilidad sísmica estará condicionado por el nivel de amenaza existente y la capacidad sismorresistente de la infraestructura, para lo cual es importante determinar la ubicación de la zona donde se construirá la estructura tomando en consideración el mapa de zonificación sísmica proveniente del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años. Riobamba se encuentra en la zona sísmica V, un valor factor z de 0.40 y la caracterización del peligro sísmico Alto. La Fig. 1 muestra los epicentros en Chimborazo.



Fig. 1. Mapa de Epicentros entre los años 1557-1797.

El llegar a saber o determinar el grado de impacto que tendría la acción de un sismo sobre una estructura es fundamental para determinar si esa estructura es segura y por lo tanto habitable o útil, es decir: la vulnerabilidad sísmica es la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de un evento sísmico determinado. La Fig. 2 muestra cuando una construcción es sismorresistente y cuando no.

La gran mayoría de las edificaciones que presentan daños graves o que colapsan frente a un sismo severo, se debe a la falla de uno o más elementos estructurales cuya resistencia y ductilidad no fueron los necesarios para soportar la acción

sísmica [3].



Fig. 2. Construcción sismorresistente

Los daños que sufre una vivienda se deben a que presentan irregularidades, causando problemas tanto funcional como estructural se detallan a continuación:

- Mala configuración
- Falta de estructuración
- Deficiente cimentación
- Discontinuidad de elementos
- Ampliaciones y reducciones sin control
- Mano de obra no calificada y
- Falta de dirección técnica adecuada.

2. Factores que influyen en la vulnerabilidad de las viviendas

2.1 Mala Configuración de la Estructura

Se entiende como la disposición de los elementos y del sistema estructural de la edificación en forma horizontal y vertical, mientras sea más compleja o que presente formas irregulares, mayor será la vulnerabilidad y por supuesto el daño que reciba ante un evento sísmico.

2.2 Falta de Estructuración del Edificio

Para que una edificación soporte un terremoto su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada. Cambios bruscos de sus dimensiones, de su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de la edificación [4].

La separación de las juntas será tal que evite el posible golpeteo entre edificaciones y su espesor mínimo será de 2.50 centímetros. Las estructuras separadas por juntas de construcción podrán compartir la misma cimentación, pero a nivel de cadenas (sobre-cimiento) se deberán separar para que cada una actúe individualmente [3].

2.3 Deficiente Cimentación

La cimentación debe ser capaz de transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. También, es deseable que el material del suelo sea duro y resistente. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar

la estructura y facilitar el daño en caso de sismo.

Todos los sismos que causan daños físicos de consideración tienen el denominador común del comportamiento de los suelos durante los temblores. Muchos de los daños se relacionan con la inestabilidad global del suelo, lo cual redundará en asentamientos diferenciales y totales, importantes debido a la compactación de suelos granulares sueltos; asentamientos y desplomos en estructuras desplazadas en suelos blandos [3].

2.4 Discontinuidad de Elementos

Aquí la importancia de realizar columnas de dimensiones acorde al peso total de la estructura que mantengan su simetría y continuidad sobre todo en el eje vertical. En las viviendas deberán tener continuidad hasta la cubierta y las que no tengan continuidad no deben ser consideradas como elementos estructurales resistentes a fuerzas horizontales.

2.5 Ampliaciones y proyecciones sin control

La NEC-SE-DS especifica que la edificación es irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior. La resistencia del piso es la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada [3].

Existen pisos débiles en planta baja y también en pisos intermedios, los cuales son más vulnerables a daños debido a su baja rigidez y resistencia que presentan.

2.6 Mano de Obra no Calificada

Las personas que se encuentran inmersas en el campo de la construcción deben ser profesionales como por ejemplo ingenieros civiles y/o arquitectos, los mismo que tienen conocimientos técnicos de las normativas sismorresistentes que rigen actualmente en el país y también a nivel internacional, y no solo deberán saberlas deben ser aplicadas al momento de realizar una construcción con todo el rigor correspondiente procurando en su gran mayoría salvaguardar la vida de sus ocupantes.

La variedad de fallas y daños que se presentan en las edificaciones es por el proceso constructivo mal ejecutado provocado por el desconocimiento de las normativas, además las personas se dejan llevar por la experiencia de maestros mayores que no les importa menorar el valor económico de la construcción con tal de tener su trabajo.

2.7 Falta de Dirección Técnica Adecuada

Como se ha mencionado anteriormente, cumplir con las normas sismorresistentes vigentes, no es suficiente para garantizar el buen desempeño de las obras de ingeniería.

La calidad de los materiales utilizados y el adecuado proceso constructivo, son fundamentales para que el comportamiento de la edificación sea lo más cercano al

de diseño. Se han encontrado casos de obras muy cercanas en las cuales solo una de ellas falla. Si el diseño y el suelo son idénticos, la falla y en algunos casos el colapso, puede atribuirse a materiales que no cumplan las especificaciones y/o procesos constructivos deficientes [5].

En el caso de los edificios modernos se supone que estos cálculos están bien hechos en la mayoría de las viviendas, aunque no sería la primera vez que un constructor ha omitido parámetros de diseño para lograr ahorros de tiempo y dinero, como la proporción de acero en las vigas y columnas o simplemente un desconocimiento de los mecanismos estructurales de construcción.

II. Metodología

La evaluación de peligro sísmico para edificaciones se desarrollaron para que profesionales de la construcción evalúen a las construcciones existentes y las clasifiquen en tres categorías: edificios con baja vulnerabilidad en cuanto a daños y seguridad de los ocupantes frente a un sismo, los que presentan una vulnerabilidad media, que estarían dentro de los parámetros aceptables y los que tienen una vulnerabilidad alta, los cuales necesitan un estudio más detallado, realizado por un ingeniero experto en diseño estructural.

Este procedimiento no requiere ningún análisis estructural y la inspección requerirá únicamente, identificar el sistema estructural de la edificación y recopilar datos que constan en el formulario.

El objetivo principal de esta evaluación es identificar las edificaciones más vulnerables frente a eventos sísmicos, que requieren otro tipo de estudio más detallado. El resultado de esto también podrá servir para: implementar programas de mitigación de riesgos para una región delimitada, inventario de edificaciones según su uso, etc.

En la investigación se utiliza la observación directa mediante una salida y recorrido de campo al lugar de estudio, se aplica la ficha de la matriz de la Metodología Italiana, y también se aplica la de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos para evaluación sísmica y verificación del nivel de vulnerabilidad física en cada uno de los elementos estructurales del edificio (pilares, vigas, losas y gradas), la que toma como variables a las características físicas de la edificación.

A continuación, se describen las dos metodologías empleadas en este estudio:

a) Método Italiano

Esta metodología considera la calidad de los materiales de construcción, si existe excentricidad en vigas y columnas, si la estructura tiene mantenimiento, además de conocer el entorno en que se encuentra ubicada la estructura, y conocer si después de su construcción realizaron posteriormente ampliaciones o modificaciones en la estructura.

En este método se evalúa 11 parámetros, calificados de acuerdo a su vulnerabilidad en tres grupos: A, B y C, siendo el más seguro A y el más vulnerable C. La calificación es de tal manera que mientras menor valor se le asigna al parámetro es más seguro.

La mejor calificación que se puede obtener es 0 que corresponde a una estructura sumamente segura y la peor es 90, asociada a una estructura muy vulnerable que colapsa. Entre 0 y 30 se considera que las estructuras son seguras, entre 31 y 60 son medianamente vulnerables y para valores mayores a 61 las estructuras son altamente vulnerables. En la Tabla I. se presenta los parámetros considerados para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de hormigón armado [6].

Tabla I. Parámetros según la Metodología Italiana.

PARÁMETRO	CLASE KI			Wi
	A	B	C	
1. Organización del Sistema Resistente	0	6	12	1
2. Calidad del Sistema Resistente	0	6	12	0.5
3. Resistencia Convencional	0	11	22	1
4. Posición del Edificio y	0	2	4	0.5
5. Losas	0	3	6	1
6. Configuración en planta	0	3	6	0.5
7. Configuración en elevación	0	3	6	1
8. Conexión elementos críticos	0	3	6	0.75
9. Elementos de baja ductilidad	0	3	6	1
10. Elementos no estructurales	0	4	10	0.25
11. Estado de Conservación	0	10	20	1

b) Método Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos

Partiendo de las características físicas de las edificaciones que se encuentran presentes en el catastro municipal, se definen aquellas que inciden directamente en el comportamiento estructural de la edificación frente a la amenaza considerada, para calificarla de manera cualitativa y, ponderar los resultados con el objetivo de encontrar un único valor o índice de vulnerabilidad para cada edificación y cada amenaza considerada [7].

El rango de calificación esta determinado de la siguiente manera: de 0 a 33 se considera segura, de 34 a 66 una vulnerabilidad media y mayor a 66 es una vivienda con vulnerabilidad alta.

Los indicadores de cada uno de las variables son multiplicadas por los pesos de ponderación asignadas. Se puede apreciar las ponderaciones de las variables de vulnerabilidad de la metodología propuesta por la SNGR en la siguiente tabla II se presenta los 10 parámetros utilizados para el análisis de vulnerabilidades a Nivel Municipal:

Tabla II. Parámetros según la Metodología SNGR

VARIABLE	VALORES POSIBLES DEL INDICADOR	PONDERACIÓN	VALOR MÁXIMO
Sistema Estructural	0,1,5,10	1,2	12
Material de Paredes	0,1,5,10	1,2	12
Tipo de Cubierta	0,1,5,10	1	10
Tipo de Entrepisos	0,1,5,10	1	10
Número de Pisos	0,1,5,10	0,8	8
Año de Construcción	0,1,5,10	1	10
Estado de Conservación	0,1,5,10	1	10
Característica del suelo	0,1,5,10	0,8	8
Topografía del sitio	0,1,5,10	0,8	8
Forma de Construcción	0,1,5,10	1,2	12
Valor mínimo = 0			100

De acuerdo al tipo de estudio se utilizó lo siguiente:

Descriptivo. - Se realizó la recopilación de información general de las viviendas y de quienes la habitan, además de las características estructurales y parámetros que son fundamentales para estimar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

Evaluativo. - A partir de los datos obtenidos en campo se procederá con la evaluación de las viviendas mediante dos métodos, el método de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el método italiano.

Comparativo. - Dentro de esta investigación de vulnerabilidad sísmica interviene un análisis comparativo entre los índices obtenidos de cada método, estableciendo diferencias concisas entre ambas metodologías de evaluación.

III. Análisis de Resultados

Se presenta los resultados en la figura. 3 del índice de vulnerabilidad sísmica obtenida por cada método evaluado en el Barrio La Victoria, se evidencia de forma clara que la mayoría de las viviendas han sido calificadas por el método italiano como medianamente y altamente vulnerables, en cambio por el método SNGR se observa una tendencia más favorable ya que la mayoría de las viviendas han sido calificadas con una vulnerabilidad baja.

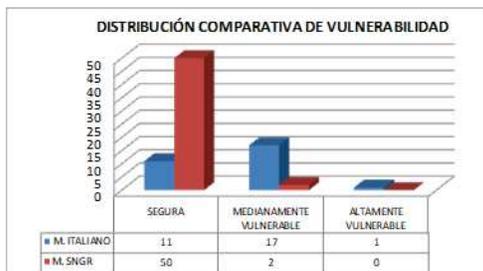


Fig. 3. Distribución Comparativa de vulnerabilidad – La Victoria

La tabla de resultados está cargada en el programa ArcGIS, de esta manera se visualiza la ubicación de la vivienda evaluada con su calificación y su respectiva foto, la misma que se muestra en la figura. 4 como mapa temático de los resultados de vulnerabilidad de las viviendas en el barrio La Victoria:

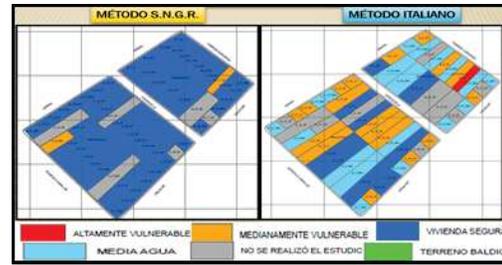


Fig. 4. Mapa Temático en ArcGIS resultados de la vulnerabilidad – Barrio La Victoria

A continuación, en la figura. 5, se presenta los resultados del índice de vulnerabilidad sísmica obtenida por cada método evaluado en el Barrio Miraflores, se evidencia de forma clara que la mayoría de las viviendas han sido calificadas por el método italiano como medianamente vulnerables, en cambio por el método SNGR se observa una tendencia más favorable ya que la mayoría de las viviendas han sido calificadas con una vulnerabilidad baja.



Fig. 5. Distribución Comparativa de vulnerabilidad – Miraflores

En la figura. 6 se evidencia los resultados de las valoraciones realizadas con la aplicación de los 2 métodos en el barrio Miraflores.

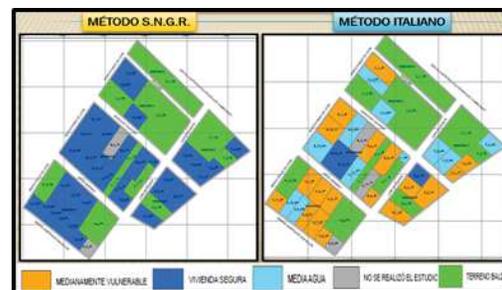


Fig. 6. Mapa Temático en ArcGIS resultados de la vulnerabilidad – Barrio Miraflores

IV. Conclusiones

Conforme a la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en los Barrios La Victoria y Miraflores se obtuvo como resultado que al aplicar el método SNGR el 96.00% y el 100% respectivamente son de vulnerabilidad baja (Seguras), debido a que el método deduce un adecuado comportamiento sísmico de las características físicas de las estructuras, en tanto que al aplicar el método italiano que se apoya en cálculos simplificados de estructuras, se obtiene que el mayor porcentaje

de viviendas evaluadas tienen vulnerabilidad media.

De los resultados obtenidos de los índices de vulnerabilidad sísmica, se concluye que los parámetros de las metodologías empleadas que más castigan a las viviendas de estos barrios son la mala configuración de la estructura tanto en planta como en la irregularidad en altura, el no controlar las ampliaciones de las viviendas que se relaciona directamente con una deficiente cimentación y la inestabilidad del terreno. Esto aumentaría los índices de vulnerabilidad y, por tanto, las pérdidas económicas recopiladas en la problemática de la construcción informal.

V. Referencias

- [1] J. Egred , El terremoto de Riobamba, Quito: Producciones digitales Abya-Yala, 2000.
- [2] S. H, «Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems.» de Proceeding of the Eigt European Confernces on Earthquake Engineering, Lisboa, SEECE Vol.7, 1986.
- [3] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, «Guía Práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015,» Quito, Activa, 2016, p. 15.
- [4] A. C. d. I. Sísmica, «Manual de Construcción, evaluación y Rehabilitación sismoresistente de viviendas de mampostería,» 15 06 2012. [En línea]. Available: https://www.preventionweb.net/files/7661_ManualdecasademamposteriaAISredpart1.pdf. [Último acceso: 12 05 2018].
- [5] A. M. & K. H., «What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey?,» Ingeniería Análisis de Fallas, vol. 14, nº 1, pp. 1-22, 2007.
- [6] A. Roberto, Evaluación Rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de Hormigón Armado, Quito, 2006.
- [7] P. José, «Evaluación de la construcción informal de edificaciones en zonas urbano marginales de la ciudad de Riobamba,» de Tesis de pregrado de Ingeniería Civil, Riobamba, 2010.