

Aplicación de la evaluación técnico visual de las estructuras ante fenómenos naturales en el sector barrio Selva Alegre ***(Application of the visual technical evaluation of structures by natural disasters in the “Selva Alegre” neighborhood)***

Cando Wilson,ⁱ Cely Mauricio,ⁱⁱ Bucheli Jorgeⁱⁱⁱ & Jaramillo Oscar^{iv}

Resumen

El presente documento detalla una evaluación visual de estructuras ubicadas en el Barrio Selva Alegre, en el sector del Valle de Los Chillos, ante posibles afectaciones por riesgos naturales como sismos y erupciones volcánicas. Con la finalidad de determinar la vulnerabilidad ante tales eventos, se realizó la evaluación visual de las estructuras según la metodología indicada por la FEMA (Federal Emergency Management Agency) y también según investigaciones realizadas por entidades gubernamentales ecuatorianas, como lo es la Secretaria de Gestión de Riesgos. Se realizó un análisis del estado de las construcciones existentes en el sector de estudio a base de los parámetros establecidos en los manuales indicados.

Palabras clave: Riesgo; Peligro; Vulnerabilidad; Selva Alegre; Matriz de Riesgos; FEMA P-154.

Abstract

This document details a visual evaluation of structures located in the Selva Alegre neighborhood, in the Los Chillos Valley sector, towards the possible effects due to natural hazards such as earthquakes and volcanic eruptions. In order to determine the vulnerability regards such events, the visual evaluation of the structures was carried out according to the methodology specified by the FEMA (Federal Emergency Management Agency) and also according to investigations carried out by Ecuadorian government entities, such as the Risk Management

ⁱ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. wocando@puce.edu.ec

ⁱⁱ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. bmcely@puce.edu.ec

ⁱⁱⁱ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. jabucheli@puce.edu.ec

^{iv} Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. ojaramillo602@puce.edu.ec

Secretariat. An analysis was carried out for the condition of existing constructions in the study area, based on the parameters established in the designated manuals.

Keywords: Risk; Hazard; Vulnerability; Selva Alegre; Risk Matrix; FEMA P-154.

1. Introducción

A lo largo del tiempo, las amenazas naturales como sismos y erupciones volcánicas han ocasionado pérdidas humanas, han tornado algunas edificaciones inhabitables o han provocado su pérdida parcial, el deterioro de la infraestructura de servicio público y repercusiones en la vida de la población o su entorno.

Por estos motivos se pretende aplicar una metodología de evaluación técnica visual existente para riesgo sísmico proporcionado en los manuales FEMA (Federal Emergency Management Agency) y en lo relativo a riesgo volcánico según un estudio sobre Vulnerabilidad Física y Funcional de la Dirección de Gestión de Riesgo para la Prevención y Atención de Desastres; para poder determinar el posible grado de afectación de las diferentes estructuras existentes.

Los resultados esperados consisten en la determinación de la vulnerabilidad de las estructuras inspeccionadas, pudiéndose establecer en cuales se necesitase un análisis más especializado que la inspección técnica visual y el grado de afectación de las estructuras en caso de sismo o erupción volcánica.

2. Metodología

2.1 Datos del sector

La zona en estudio se ubica en el Ecuador, Provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui. Esta zona se encuentra delimitada por las coordenadas que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas del sitio de estudio.

Puntos	Coordenadas Geográficas Sexagesimales	
	Latitud	Longitud
1	0°20'31.43"S	78°26'0.01"O
2	0°20'42.48"S	78°25'59.91"O
3	0°20'45.96"S	78°25'57.21"O
4	0°20'42.02"S	78°25'43.40"O
5	0°20'28.28"S	78°25'53.80"O

Además, como se muestra en la Figura 1, donde se puede observar el sitio de estudio.

**Figura 1.** Sitio de estudio.

Para el análisis de las edificaciones, se divide el área en estudio en 6 zonas, las cuales se muestran en la Figura 1. Esta división se realizó considerando la distribución de manzanas en la zona y se delimitan por calles y avenidas. El área aproximada de cada zona se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Áreas del sector de estudio.

Zona	Área (m ²)	Porcentaje respecto al área total
1	45.727	24,3%
2	28.107	14,9%
3	20.380	10,8%
4	16.519	8,8%
5	34.310	18,2%
6	43.156	22,9%
Σ	188.199,00	Σ 100%

A continuación, se muestran los datos recopilados sobre las estructuras de la zona en estudio, y se los compara con la información proporcionada por la página web del GADMUR (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui) en lo relativo a número de edificaciones, clasificación por números de pisos y material de cubierta.

**Figura 2.** Clasificación de edificaciones por número de pisos.



Figura 3. Clasificación de edificaciones por material de cubierta.



Figura 4. Clasificación de edificaciones por material de estructura.

2.2 Evaluación sísmica

Respecto a la sismicidad del sector, la zona en estudio es de alto riesgo, debido a que se encuentra en una zona sísmica categoría V, de acuerdo a la NEC 2014.

FEMA 154 es un manual que establece la aplicación de una técnica de inspección visual rápida (RVS), para ser aplicada en edificaciones que puedan verse afectadas por eventos sísmicos. (FEMA, 2015)

Este manual fue escrito en el año 1988, por un grupo de ingenieros, los cuales recolectaron información de encuestas y datos tomados en campo. Este procedimiento da como resultado un puntaje a cada estructura, el cual si es un valor alto (7 el valor máximo y 0 el mínimo), se considera que va a tener un

adecuado comportamiento sísmico al prevenir su colapso en un sismo severo, que corresponde a una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años, con un periodo de retorno de 475 años. (NEC_SE_DS, 2014), caso contrario será necesaria una evaluación más profunda.

El procedimiento RVS que se presenta en este manual ha sido creado para identificar, describir y clasificar las edificaciones que pueden ser una potencial amenaza ante un evento sísmico. Este procedimiento de inspección visual rápida puede ser implementado de manera breve y con pocos recursos, comparado con el costo que implicaría el realizar un análisis sísmico individual de cada edificio. (FEMA, 2015)

2.3 Datos del estudio

La población del estudio se determina como finita, en el inventariado de estructuras en la zona, se determinó como estructuras posibles para la evaluación sísmica a una cantidad de 385, sin una clasificación inicial de material, que posteriormente se considerará la proporción respecto a la población total para el muestreo. Se considera como clasificación el material ya que es el parámetro más importante en la evaluación.

En la determinación de la muestra, la población considerada son las estructuras clasificadas en la zona, excluyendo el conjunto habitacional “Alcántara” ubicado en la zona 6, por motivo de la homogeneidad de las estructuras.

El muestreo utilizado se conoce como aleatorio estratificado, con el objetivo de garantizar la representatividad de la muestra, y aumentar la homogeneidad. (Martínez, 2012).

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{(N - 1) * E^2 + Z^2 * P * Q} \quad (1)$$

Datos a ingresar

Población (N) = 386 Estructuras

Nivel de confianza = 95%

Varianza (Z) = 1,96

Precisión de la estimación (E)= 5%

Al realizar una etapa previa de identificación de la población, se concluye que la homogeneidad de las estructuras en estudio es alta, y se toma los siguientes valores de proporción de la población, considerando la ecuación 1:

$$P = 10\%$$

$$Q = 90\%$$

$$n = \frac{1,96^2 * 386 * 0,9 * 0,1}{(386 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,9 * 0,1} = 103 \text{ Estructuras}$$

De la muestra de 103 estructuras se determina mediante el porcentaje del tipo de material respecto a la población total.

En la tabla siguiente las estructuras de hormigón armado se abrevian como C1, las edificaciones de madera W1, las metálicas S3 y para las construcciones de mampostería y adobe constan agrupadas como URM, correspondientes a mampostería no reforzada, ya que las casas de adobe se han incluido en este grupo también porque la FEMA no tiene una clasificación específica para este tipo de edificaciones y al estar como URM están en el sistema estructural de más bajo puntaje.

Tabla 3. Cantidad de estructuras evaluadas de acuerdo al sistema estructural.

N° Estructuras	103
C1	88
W1	1
S3	1
URM	13

3. Resultados y discusiones

Las evaluaciones realizadas a 103 edificaciones permiten verificar que en 97 de estas no es necesario realizar una evaluación más profunda y si en los 6 restantes. La evaluación visual de las estructuras, según el método de la FEMA, indica que no existiría mayor problema en las edificaciones del área de estudio.

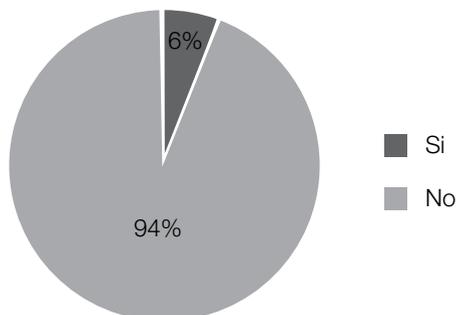


Figura 5. Resultado de edificaciones que necesitan evaluación más profunda.

Es importante indicar que el método de evaluación de la FEMA se fundamenta en la asignación de puntajes que van disminuyendo de acuerdo a los problemas relacionados con la geometría e irregularidades observadas. En la zona de estudio la mayoría de las estructuras son regulares en su forma, tanto en planta como en elevación, por lo cual no se disminuye sustancialmente el puntaje básico. La anterior es la razón principal por la que pocas edificaciones necesitan una evaluación más profunda. El problema más frecuente en el sector de estudio es el golpeteo, que se define como la falta de separación entre construcciones, que puede producir un choque durante un sismo. (FEMA, 2015) La razón de este problema se origina en que la mayoría de las edificaciones han sido construidas sin respetar ningún código de diseño sísmico, la falta de planificación del crecimiento urbano y edificaciones que se llevan a cabo, en muchos casos, sin permiso de las entidades gubernamentales.

Basado en la experiencia antes varios sismos registrados se ha desarrollado un criterio para poder estimar las separaciones entre edificaciones en un análisis visual manual de estructuras. Se han clasificado de acuerdo a la sismicidad de la región, siendo las siguientes:

- Sismicidad muy alta: 5 centímetros por piso.
- Sismicidad alta: 3,75 centímetros por piso.
- Sismicidad moderadamente alta: 2,5 centímetros por piso.
- Sismicidad moderada y baja: 1,75 centímetros por piso. (FEMA, 2015)



Figura 6. Problemas de choque entre edificaciones en presencia de un sismo.

Las medidas de tendencia central nos permiten identificar los valores más representativos de los datos, de acuerdo a la manera de cómo se tienden a concentrar. La media nos indica el promedio de los datos; es decir, nos informa el valor que obtendría cada uno de los individuos si se distribuyeran los valores en partes iguales. La mediana por el contrario nos informa el valor que separa los datos en dos partes iguales, cada una de las cuales cuenta con el cincuenta por ciento de los datos. Por último, la moda nos indica el valor que más se repite dentro de los datos. (Martínez A. , 2015)

Para la obtención de las variables estadísticas de tendencia central, solamente se han tomado en cuenta los puntajes correspondientes a las estructuras de hormigón armado, en razón de ser la tipología mayoritaria en el sector.

Tabla 4. Medidas de tendencia central.

Media	0,9
Moda	0,9
Mediana	0,9

Tal como se puede apreciar en los resultados de la Figura 7, se tiene que los tres medidores de tendencia central coinciden con un valor de 0,9, esto indicaría que se tiene una distribución normal de las puntuaciones en las evaluaciones visuales de la FEMA para riesgo sísmico. En resumen, tenemos que el puntaje más bajo de 0,1 tiene una probabilidad de colapso de 79%, el valor medio de todas las edificaciones es de 0,9 tiene una probabilidad de colapso de 13%, y finalmente, la estructura con mayor puntaje de todas, 2,9 tiene una probabilidad de colapso de 0,1%

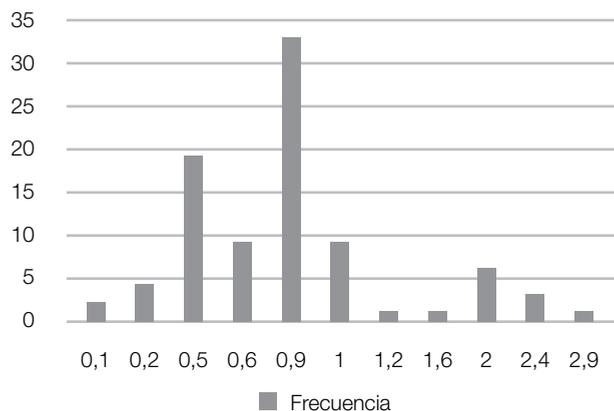


Figura 7. Gráfico frecuencias, moda.

3.1 Evaluación volcánica

La zona de estudio es propensa a un posible daño en caso de erupción del volcán Cotopaxi, conforme a la magnitud con que se produzca el evento, el peligro de daño severo se incrementa debido a que la zona se encuentra junto al al río Santa Clara que nace del volcán y por el cual se conducirían flujos de lahares luego de una erupción volcánica importante. Alrededor de 300.000 personas viven en las cercanías del volcán y sus afluentes importantes. (Ordóñez, Samaniego, Mothes, & Schilling, 2013).



Figura 8. Mapa de lahares del IGPN

3.2 Flujo de lahares

La Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) ha realizado un estudio mediante la herramienta HEC-RAS para modelar un posible flujo de lahares en consecuencia de una erupción del volcán Cotopaxi. El programa HEC-RAS es un software hidrológico para poder determinar alturas de inundación y alcances de desbordamiento. Para la modelación se han incorporado datos geométricos, sedimentos, el tipo de flujo y sedimentos de diseño hidráulico. Además, se necesita del conocimiento de perfiles transversales de los ríos que se van a estudiar, (Río Pita y Santa Clara) los coeficientes de Manning para cada porción de las secciones transversales y caudales de diseño. (Carrillo, 2013).

ZONA	ÁREA	VOLUMEN (103 m3)	CAUDAL (10 ³ m ³ /s)		Coef. Manning	MÁX. ALTURA (M)		OBSERVACIÓN	AFECCIÓN
Pintag	Barrio Carlos Gavilanes	44,1	14,7	19,6	0,09	20	25	-	Sumergido
Pintag	Club Los Chillos	44,1	14,7	19,6	0,09	22	25	-	Sumergido
Pintag	Selva Alegre	44,1	14,7	19,6	0,09	8	10	-	Inundado
Pintag	Colegio Juan de Salinas	44,1	14,7	19,6	0,09	14	17	-	Sumergido
Pintag	El Choclo	44,1	14,7	19,6	0,09	6	8	-	Inundado
Sangolquí	Emp. Eléctrica Quito	44,1	14,7	19,6	0,09	4	5	Los flujos tienen una extensión de 300 y 260 m a cada lado del río.	Inundado
Sangolquí	River Mall	44,1	14,7	19,6	0,09	3,24	3,6	Los flujos tienen una extensión de 300 m a cada lado del río.	Parcialmente Inundado
Sangolquí	Club de Oficiales	44,1	14,7	19,6	0,09	1,46	2	Los flujos tienen una extensión de 300 y 200 m.	Parcialmente Inundado
Sangolquí	ESPE	44,1	14,7	19,6	0,09	4	4	-	Parcialmente Inundado
Sangolquí	San Luis Shopping	44,1	14,7	19,6	0,09	2	4	-	Parcialmente Inundado
Sangolquí	San Rafael	44,1	14,7	19,6	0,09	5	6	Los flujos tienen una extensión de 300 y 86 m.	Inundado

Figura 9. Resultados de estudios de lahares realizados por la ESPE.

Como resultado de los análisis para nuestro sector de estudio, barrio Selva Alegre, se han obtenido resultados de que los lahares pueden llegar a alcanzar una altura de 8 a 10 metros. Por lo cual se procederá a realizar una comparación de la cantidad de edificaciones que podrían llegar a estar totalmente sumergidas en el barrio Selva Alegre.

Para determinar la altura que podría llegar a alcanzar los lahares en el barrio Selva Alegre se tienen las siguientes consideraciones:

Se han tomado diferentes cotas en el trayecto del Río Santa Clara siendo la más alta un valor de 2.539 msnm y la más baja de 2.525 msnm, estos valores son tomados en el borde del río tal como se puede observar en la Figura 11, puntos rojos en el río.

La altura desde el fondo del río hasta el borde del mismo tiene un valor de 2,2 metros.

El calado aproximado que alcanza el río es de 70 centímetros.

Los datos de alturas de lahares son tomados de un estudio realizado por estudiantes de la ESPE, consideran la altura de lahares desde el nivel del suelo.

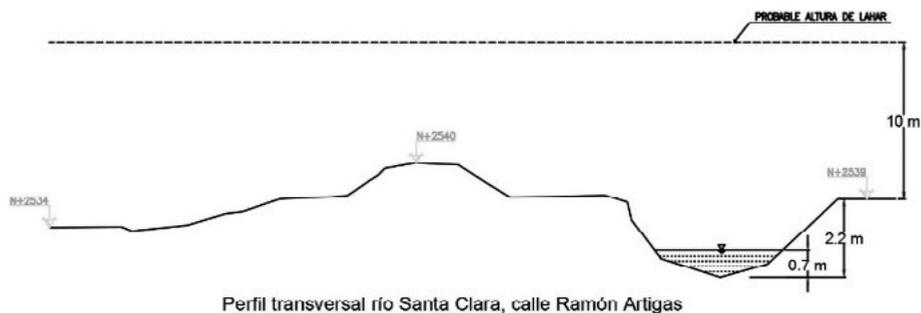


Figura 10. Perfil transversal río Santa Clara, calle Ramón Artigas.



Figura 11. Puntos (negros) en orillas del río Santa Clara donde se tomaron las cotas.

Fundamentado en el enunciado anterior, se tiene que los lahares pueden alcanzar alturas de entre 6,50 y 8,50 metros sobre el lecho del río. Debido a que la diferencia de cotas entre el borde de río y la base de las edificaciones varían en un rango de cero a un máximo de un metro de altura (solamente en un punto del sector) no se tomará en cuenta al momento de la estimación de edificaciones sumergidas. Conviene precisar que se ha tomado 2,50 metros como altura referencial de entrepiso.

Si se realiza la comparación con la información recopilada en la clasificación de edificaciones por número de pisos, se tiene que para una altura de lahar de 8,50 metros, el 98,34% de las construcciones estarán sumergidas; y que para una altura de lahar de 6,50 metros, el 84,47% de las edificaciones estarían sumergidas.

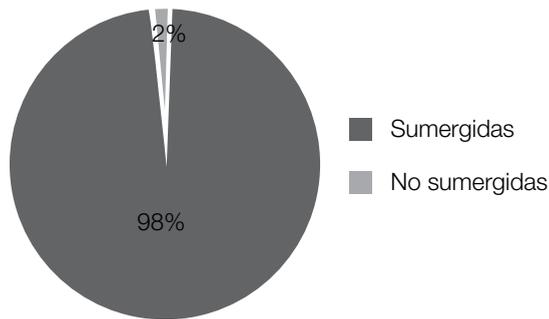


Figura 12. Probables edificaciones sumergidas con lahar de 8,5 metros.

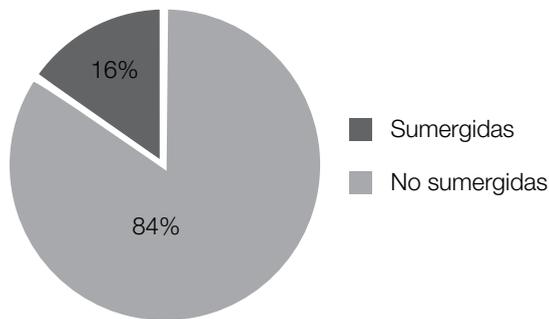


Figura 13. Probables edificaciones sumergidas con lahar de 6,5 metros.

3.3 Caída de ceniza

Los escenarios más probables que se pueden presentar son el número dos y el tres, según los estudios de la Secretaría de Gestión de Riesgos. En el escenario dos se tiene flujos piroclásticos pequeños a moderados y coladas de lava de poca extensión, para su ejemplo se tiene el caso de la erupción del Cotopaxi en los años 1853-1854, además se espera una acumulación de cenizas de capas de 10 – 15 centímetros de espesor en los sectores cercanos del volcán. Para el escenario tres se estima que solo existe un 60 % de probabilidad que este evento ocurra luego de iniciarse el proceso eruptivo del volcán. Correspondería a los escenarios de los años 1742, 1744, 1768 y 1877. Se trata de una erupción explosiva provocando lahares de gran volumen y acumulaciones de ceniza de 40-50 centímetros de espesor en los lugares cercanos y en áreas más alejadas al occidente del volcán se espera un espesor de cinco a diez centímetros de altura. (Secretaría de gestión de riesgos, 2015).

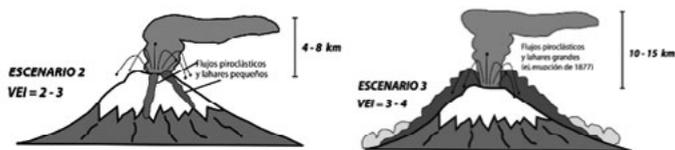


Figura 14.

Fuente de los gráficos: (Ordóñez, Samaniego, Mothes, & Schilling, 2013), modificado de (Andrade, Hall, & Mothes, Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi, 2005).

Para la estimación de peligros ante la caída de ceniza volcánica, se ha utilizado la tipificación que consta en los estudios hechos por el Ministerio del Interior en Colombia, para la erupción del volcán Galeras, que diferencia las cubiertas según la siguiente clasificación:

- Liviana: se caracterizan por tener material de cobertura como hojas de zinc o aluminio; entramado en madera o guadua. No tienen ningún tipo de cielo raso.
- Moderada: tienen material de cobertura de teja de asbesto-cemento o eternit, estructura o armadura en madera, cualquier tipo de cielo raso.
- Pesada: son las tejas de barro con cualquier tipo de estructura o armadura y cualquier tipo de cielo raso.
- Losa Maciza: es la que se constituye de hormigón reforzado. También entra en esta clasificación las losas alivianadas.

(Ministerio del interior y de Justicia, 2009)

Como resultado de dichos estudios se tiene la siguiente tabla.

Tabla 5. Tipo de cubierta vs Resistencia.

Tipo de cubierta	Espesor ceniza (cm)	Resistencia (kPa)
Liviana	2,5	0,307
Moderada	4,5	0,552
Pesada	23	2,82
Losa	45	5,52

Fuente: (Ministerio del interior y de Justicia, 2009).

Si para analizar la vulnerabilidad, de las edificaciones de la zona de estudio, se asume un espesor de ceniza de cinco centímetros y fundamentado en la información antes reseñada, se puede inferir que no se espera ningún problema en las estructuras por caída de ceniza.

En el capítulo de estadística se tiene en la tabla la clasificación de las edificaciones de acuerdo al material de cubierta.

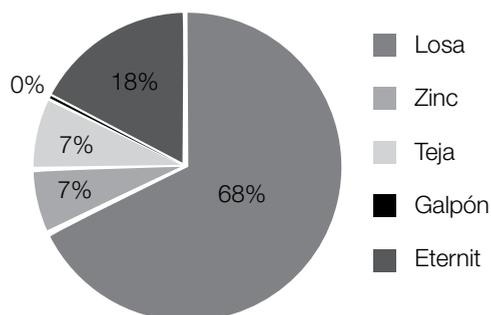


Figura 15. Número total de edificaciones clasificados por cubierta.

Tabla 6. Clasificación de edificaciones por material de cubierta.

Total cubierta	Losa	Zinc	Teja	Galpón	Eternit
Real	327	33	35	2	86
%	67,70	6,83	7,25	0,41	17,81

Para poder aplicar la tabla de los estudios antes mencionados se procederá a clasificar de acuerdo a la cubierta: liviana, moderada, pesada y losa.

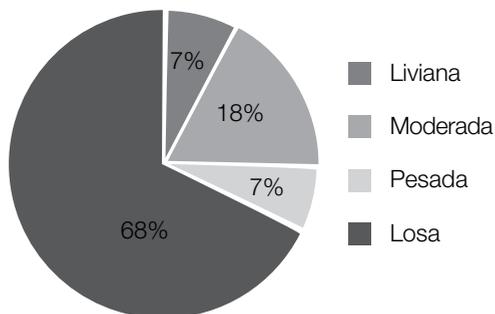


Figura 16. Clasificación de cubiertas.

Tabla 7. Cubiertas, clasificadas de acuerdo al Estudio de vulnerabilidad, Colombia.

	Cantidad	%
Liviana	35	7,25
Moderada	86	17,81
Pesada	32	7,25
Losa	327	67,70

La cubierta liviana y la moderada pueden soportar hasta un espesor de ceniza de 2,5 y 4,5 centímetros respectivamente por lo que comparado con lo que puede ocurrir en una posible erupción y caída de ceniza se puede decir que estas cubiertas tendrían problemas al soportar el peso de la ceniza. En resumen, se tiene que un 25,06 % de las edificaciones podrían ceder con el peso de la ceniza, es decir una cuarta parte del barrio en estudio tendría problemas debido a la caída de ceniza en un evento volcánico. El otro 75 % resiste el peso de las cenizas, pero se pueden hacer estudios más profundos en cuanto a la cubierta de estas edificaciones, incluso el mismo estudio que ha proporcionado esta tabla para clasificar la resistencia de las cubiertas, tiene un método para poder hacer un cálculo más preciso en cuanto a la capacidad de los distintos tipos de techos. Tomando en cuenta diferentes factores como la inclinación de la cubierta, el sistema de apoyo o armadura, material de la misma y las luces.

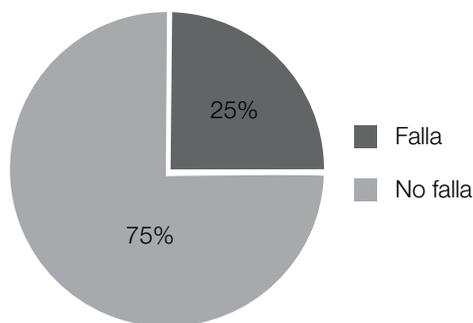


Figura 17. Probable falla de cubiertas en edificaciones ante peso de ceniza.

4. Conclusiones

1. Se determinó que, de las estructuras presentes en la zona en estudio, el 90% de ellas son de hormigón, y el 10% corresponden a los otros tipos de materiales, como madera, mampostería, metálica y adobe.
2. La muestra analizada en la evaluación sísmica es representativa debido a la homogeneidad de la población, la cual fue determinada en la clasificación previa de todo el sector, en la que se evidenció que la mayoría de estructuras tiene características estructurales muy similares entre sí.
3. Se pudo establecer que solamente el 6% necesitan una evaluación estructural más profunda, esto es debido a que las estructuras del sector, son generalmente regulares tanto en elevación como en planta, ya que en la evaluación aplicada son factores de reducción de puntajes importantes.
4. Se observó que la mayoría de las estructuras han sido construidas sin

la aplicación de una norma para diseño sismo resistente, esto debido que el barrio tiene identificaciones antiguas, inclusive antes de 1977 (año de emisión del primer código sísmico resistente del país), y por la informalidad en la construcción existente en la cultura del país.

5. Se determinó que, mediante una comparación de las alturas de las edificaciones y con los posibles valores alturas de lahares, el barrio Selva Alegre es posible que sean sumergido un 98% de las mismas. Considerando una altura de lahares de 8.5 metros en el sector.
6. Se puede establecer, que la mayoría de estructuras aprueban la primera fase de evaluación técnica visual sísmica, pero existe el problema en la zona en que las estructuras tienen una distancia de separación entre ellas, nula o muy reducida, lo que puede provocar daños en los elementos estructurales entre edificaciones adyacentes.
7. En el estudio de la evaluación de riesgo sísmico, las medidas de tendencia central en el puntaje obtenido de la estructural del sistema estructural pórtico resistente a momento, son de 0,9, el cual es un puntaje que representa que no se necesita una evaluación más profunda.
8. En la comparación de los datos recopilados en campo, con la información obtenida de la base de datos proporcionada por el GADMUR, se pudo determinar que existen 109 estructuras que no están registradas por el municipio o que no se encuentran debidamente esquematizadas en los mapas generados por la misma.
9. El 84% de las estructuras en la zona en estudio son de máximo de dos pisos, por lo cual se recomienda según la FEMA que la separación entre edificaciones debería ser de mínimo de diez centímetros, lo cual no se evidencia en la actualidad.
10. Se determinó que un 25,06 % de las edificaciones podrían ceder con el peso de la ceniza, es decir una cuarta parte del barrio en estudio tendría problemas debido a la caída de ceniza en un evento volcánico.

5. Referencias

- Aguilera, E., & Toulkeridis, T. (2005). *El Volcán Cotopaxi, una amenaza que acecha*. Quito.
- Andrade, D., Hall, M., & Mothes, P. (2005). *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Quito: Corporación Editorial Nacional.
- Andrade, D., Hall, M., Mothes, P., Troncoso, L., Eissen, J.-P., Samaniego, P., . . . Yepes, H. (Noviembre de 2005). Los peligros volcánicos asociados con el

- Cotopaxi. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Anaes de Castro, S. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. *Scripta Nova (en línea)*(60). Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm>
- Carrillo, L. (2013). *Simulación de lahares del volcán cotopaxi en sus drenajes del lado norte con el uso del programa HEC-RAS*. Quito: ESPE.
- Chamorro, D. (2015). El Instituto Geofísico reportó dos explosiones en el volcán Cotopaxi; ceniza cae en el sur de Quito. *El Comercio*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/ministerio-ambiente-explosiones-volcan-cotopaxi.html>
- Cuatro temblores sacudieron a Quito. (12 de Agosto de 2015). *El Comercio*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/temblor-sacudio-quito.html>
- FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potencial Seismic Hazards: A Handbook* . 3° ed.
- G.Martínez, A. (15 de Agosto de 2015). *SPSS FREE*. Obtenido de SPSS FREE: <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/media-mediana-moda-medidas-tendencia-central.html>
- Gestión de Riesgo*. (2009). Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de https://protejete.wordpress.com/gdr_principal/matriz_riesgo/
- Gonzalez, R., & Hinojosa, R. (2016).
- IGEPN. (17 de Abril de 2016). *INFORME SÍSMICO ESPECIAL N. 13 - 2016*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1317-informe-sismico-especial-n-13-2016>
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (Decima Tercera ed.). Ecoe Ediciones.
- Ministerio del interior y de Justicia, D. d. (2009). *Estudio de vulnerabilidad física y funcional a fenómenos volcánicos en el área de influencia del volcán galeras*. San Juan de Pasto.
- NEC_SE_DS. (2014). *Peligro sísmico Diseño Sismo resistente*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Ordóñez, J., Samaniego, P., Mothes, P., & Schilling, S. (2013). *LAS POTENCIALES ZONAS DE INUNDACIÓN POR LAHARES EN EL VOLCÁN COTOPAXI*. Obtenido de <http://www.cotopaxinoticias.com/images/noticias/adjuntos/>

Lahares%20del%20Cotopaxi.compressed.pdf

Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS. (2015).

Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras NEC-SE-RE. (2015).

Secretaría de Gestión de Riesgos. (s.f). *Mapa de amenaza volcán Cotopaxi.*
Obtenido de <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1YiUOIQopou41BghFslEuFGxngXE>

Secretaría de gestión de riesgos, E. (2015). *Plan de contingencia ante una posible erupción del volcán Cotopaxi.* Quito.

