

# Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones existentes en la Isla Isabela, Galápagos

## Seismic risk assessment of existing buildings on Isabela Island, Galápagos

Adalberto Vizconde Campos <sup>1,\*</sup>, Rommel Delgado Suárez <sup>1,†</sup>,  
<sup>1</sup>Universidad de Guayaquil, Ecuador.

adalberto.vizconde@ug.edu.ec; rommel.delgados@ug.edu.ec

Fecha de recepción: 31 de mayo de 2018 — Fecha de aceptación: 1 de octubre de 2018

**Cómo citar:** Vizconde Campos, A., & Delgado Suárez, R. (2018). Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones existentes en la Isla Isabela, Galápagos *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(ICCE), 102-109. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp108-122p>

**Resumen**—El objetivo de este trabajo es evaluar el riesgo sísmico de 50 edificaciones típicas en la Isla Isabela midiendo su vulnerabilidad con la aplicación de dos metodologías de vulnerabilidad y riesgo sísmico adaptadas al Ecuador, basándose en las propuestas por el Federal Emergency Management Agency y la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. Se elaboran dos formatos de inspección en campo para recolectar datos de diseño y construcción de los elementos estructurales y no estructurales, considerando también sus irregularidades encontradas. Se definen un puntaje S y distintos índices de riesgo, vulnerabilidad, amenaza sísmica y priorización para determinar rangos de vulnerabilidad de las 50 edificaciones inspeccionadas. Esta investigación se realiza en el marco de la reciente activación del volcán Sierra Negra y a la actividad sísmica de las islas Galápagos, lo cual pondría en eminente peligro sísmico a sus edificaciones vulnerables. Se obtiene que un 34 % de ellas tiene vulnerabilidad muy elevada y un 28 % es elevada. También se comparan estos índices con los índices que se obtendrían con algunas edificaciones afectadas en los terremotos de Bahía y Pedernales para calibrar dicha información. Los índices de priorización servirán para tomar medidas administrativas y técnicas que permitan orientar una adecuada evaluación estructural más detallada de cara a una rehabilitación sísmica de las edificaciones más prioritarias.

**Palabras Clave**—Vulnerabilidad sísmica, índice de riesgo, índice de priorización, riesgo sísmico, inspección visual, tipología estructural, modificador, irregularidad.

**Abstract**—The aim of this paper is to evaluate the seismic risk of 50 typical buildings located on Isabela Island in order to measure their vulnerability with the application of two seismic vulnerability methodologies of existing buildings adapted to Ecuador and its application to Isabela Island, based on proposals of the Federal Emergency Management Agency and the Venezuelan Seismological Research Foundation. Two field data collection forms were prepared to gather data about design and construction of structural and non-structural elements; furthermore, considering their current irregularities. An “S” score and different risk, vulnerability, seismic hazard and prioritization indexes are defined to determine vulnerability ranges of the 50 inspected buildings. This research is carried out within the framework of the recent activation of the Sierra Negra volcano and the seismic activity of the Galapagos Islands, which would place vulnerable buildings in eminent seismic risk. It was obtained that 34 % of them have very high vulnerability and 28 % are high. These indexes are also compared with the indexes that would be obtained with some buildings affected during Bahía and Pedernales Earthquakes to calibrate such data. The prioritization indexes will support administrative and technical measures that would allow to guide a more detailed structural evaluation in order to deal with a seismic rehabilitation of the buildings with the highest priority.

**Keywords**—Seismic vulnerability, risk index, prioritization index, seismic risk, visual screening, structural configuration, modifier, irregularity.

### INTRODUCCIÓN

La isla Isabela perteneciente al Archipiélago de Galápagos tiene como cabecera cantonal la ciudad de Puerto Villamil, con 2 075 habitantes en la zona urbana (Isabela and de Guayaquil, 2012). Muchas de sus edificaciones poseen tipologías estructurales que han presentado un inadecuado comportamiento dinámico durante sismos pasados presentados en Ecuador, como el terremoto M 7.8 de Pedernales de 2016, donde en la zona epicentral la intensidad en la escala de

Mercalli alcanzó el grado de IX, debido al colapso de un sin número de edificaciones (Vizconde et al., 2017). Sin embargo, no hay información estructural suficiente disponible de la mayoría de dichas edificaciones debido a la autoconstrucción y a la falta de control de los entes municipales. Recolectar y procesar esta información es muy importante para estimar la vulnerabilidad sísmica y así tomar medidas de adecuadas de mitigación del riesgo sísmico y realizar evaluaciones más detalladas para hacer una rehabilitación sísmica de aquellas edificaciones más prioritarias. El presente trabajo intenta presentar la aplicación de dos metodologías de inspección sísmica basadas en: 1) los Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico de la Fundación Venezolana

\*Magíster en Tecnologías de edificación

†Ingeniero Civil



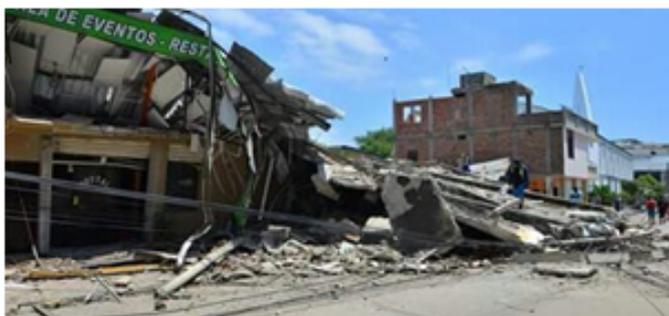
rurales el daño severo creció al 50% (Romo, 1998).



**Figura 3.** Daños en edificación informal en barrio marginal de Bahía tras sismo de 1998

**Fuente:** Romo (1998).

De la misma manera, el terremoto de Pedernales M7.8 causó, en Manta, el colapso del Hostal el Ancla (Figura 4), la cual era una estructura irregular formada por tres bloques de 2, 3 y 4 pisos. Su estructuración se basaba en columnas de hormigón, losa plana y tabiques de mampostería (Barrios et al., 2017).



**Figura 4.** Colapso del Hostal El Ancla en Manta durante el terremoto de Pedernales en 2016

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 5 se muestran tres edificaciones vecinas, de construcción informal, en la ciudad de Manta, las cuales son de tipología estructural aporticada con albañilería de relleno y como producto del terremoto de Pedernales, sus tabiques de albañilería colapsaron y en el caso de la vivienda esquinera parte de la losa del techo de la planta alta también.

Como segundo paso se adaptaron los formatos de las metodologías del FEMA y del FUNVISIS donde se recolectarán datos como el número de pisos, año de construcción, tipo estructural, si la construcción es formal o informal, principales irregularidades, estado de conservación, número de ocupantes y uso. Finalmente, el tercer paso fue programar las inspecciones sísmicas de las 50 edificaciones en la Isla Isabela.



**Figura 5.** Viviendas de pórticos con tabiques de relleno y losa plana afectadas en Manta tras el sismo de Pedernales 2016

**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 5 se muestran tres edificaciones vecinas, de construcción informal, en la ciudad de Manta, las cuales son de tipología estructural aporticada con albañilería de relleno y como producto del terremoto de Pedernales, sus tabiques de albañilería colapsaron y en el caso de la vivienda esquinera parte de la losa del techo de la planta alta también.

Como segundo paso se adaptaron los formatos de las metodologías del FEMA y del FUNVISIS donde se recolectarán datos como el número de pisos, año de construcción, tipo estructural, si la construcción es formal o informal, principales irregularidades, estado de conservación, número de ocupantes y uso. Finalmente, el tercer paso fue programar las inspecciones sísmicas de las 50 edificaciones en la Isla Isabela.

### **-C. Formato de Recolección de datos**

Se diseñaron hasta tres formatos de recolección de datos (Nivel 1 y 2 de la metodología FEMA y un Nivel 1 de método FUNVISIS) para efectuar las inspecciones sísmicas donde se recoge la información estructural y no estructural de las edificaciones de la Isla Isabela. Para elaborar estos formatos se consideraron experiencias anteriores de estudios como los propuestos en la evaluación visual rápida (, US) en Estados Unidos y el Índice de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico del FUNVISIS (López et al., 2017). La información desarrollada en esta metodología ecuatoriana fue preparada de acuerdo con las prescripciones de la norma ecuatoriana de la construcción (MIDUVI, 2014).

La información recogida durante las inspecciones se agrupa en: información básica incluida la identificación y dirección, coordenadas geográficas, año de diseño y/o construcción, esquema en planta y elevación, configuración estructural, detalles no estructurales, irregularidades, amenazas geotécnicas potenciales, estado de mantenimiento, si es una construcción formal o informal, reporte fotográfico, así como uso y número aproximado de ocupantes. La Figura 6 muestra un ejemplo del nivel 1 del formato de inspección en campo basado en el FEMA 154 donde en la parte central se ubican las distintas tipologías estructurales con sus puntajes básicos y sus distintos modificadores dependiendo si existe irregularidades, el tipo de



Las tipologías estructurales típicas según el FEMA P-154 encontradas fueron: Pórtico con tabique de mampostería de relleno (C3), Pórtico de concreto resistente a momento (C1), Pórtico de madera ligera para vivienda unifamiliar (W1), Mampostería reforzada con piso rígido (RM1) y Mampostería no reforzada (URM), los cuales se muestran en la tabla 1 con los valores de sus puntajes base de donde se le sumará o restarán distintos valores de modificadores, debiendo obtenerse un valor superior al mínimo para que se pueda considerarse no vulnerable.

**Tabla 1.** Sistemas estructurales identificados según FEMA 154 con sus puntajes básicos y mínimos

Sistema Estructural	Puntaje básico	Puntaje mínimo Smin
C3	1.4	0.3
C1	1.7	0.3
W1	4.1	1.6
RM1	1.8	0.3
URM	1.2	0.2

Fuente: Elaboración propia.

Los modificadores del puntaje básico son: Irregularidad vertical severa o moderada, irregularidad en planta, pre-código, post-actualización código, suelo tipo A ó B, suelo tipo E (para edificaciones de 1 a 3 pisos) y suelo tipo E (para edificaciones de menos de 3 pisos). El pre-código está referido si la edificación fue diseñada y/o construida antes de una reglamentación de construcción que considere el tema sísmico y el post-actualización se refiere si la edificación fue construida o diseñada con una última norma sísmica con tendencias modernas en sismorresistencia. Como el tipo de suelo influye, los tipos A y B suman al puntaje básico; así como los tipos de suelo E restan al puntaje básico. De obtenerse un puntaje menor al Smin se procederá a pasar a un nivel 2 de evaluación llenando el formato correspondiente, el cual considerará otras irregularidades como piso blando, columna corta, escalonamiento, pendiente del terreno, irregularidad torsional, sistemas no paralelos, aberturas en diafragmas, falta de redundancia, golpeteo, entre otros.

De este modo, algunas edificaciones que colapsaron durante el terremoto de Bahía de Caráquez y el terremoto de Pedernales fueron usadas para calibrar esta metodología, bajo la suposición de cada edificación en su estado anterior al sismo que las afectó.

El edificio Karina en Bahía de Caráquez sufrió daños en los extremos de las columnas en sus dos primeros pisos y poseía sólo 9 columnas con la consiguiente falta de redundancia estructural. Este edificio clasificado como un pórtico resistente a momento (C1) poseía columnas de 35x35 cm en el primer piso y 35x30 cm en el segundo piso, además de vigas banda ancha de 30 cm x25 cm de peralte embebidas en la losa. Obtuvo un SL1 de 0.2, menor al Smin de 0.3, por tanto, era vulnerable y requería una evaluación más detallada.

La vivienda esquinera de Manta y el Hostal El Ancla, ambas catalogadas como pórticos resistentes a momento C1, aunque este sistema estructural no es propiamente un C1 debido a la ausencia de vigas peraltadas las dos direcciones principales,

obtuvieron un puntaje SL1 de 0.1 y 0.2, respectivamente. Ambos son menores al Smin de 0.3, por tanto, eran vulnerables y requerirían un nivel 2 de evaluación y una evaluación estructural más detallada. Durante el terremoto de Pedernales ambas tuvieron un colapso total y parcial como se observó en las figuras 4 y 5, respectivamente.

### -E. Índices de Riesgo y Priorización

La información recogida en los formatos se usó para calcular el índice de riesgo  $I_r$  y el índice de priorización  $I_p$  definidos por las Ecuaciones 1 y 2, respectivamente. El índice de riesgo no intentar medir el riesgo sísmico real de la estructura, pero al menos si estimarlo lo mejor posible con la información recogida durante la inspección (López et al., 2017). El índice de priorización se orienta a la toma de decisiones técnicas, administrativas y políticas en aras de establecer prioridades para desarrollar evaluaciones estructurales detalladas y rehabilitaciones sísmicas de las edificaciones estudiadas.

El índice de priorización considera la amenaza sísmica del sitio, el uso y la importancia de la construcción, el número de ocupantes, la edad de la obra, el sistema estructural y el número de pisos, la profundidad del depósito de suelo, el grado de deterioro, la topografía del sitio y algunas características básicas estructurales y de los tabiques de relleno que condicionan su desempeño sísmico (López et al., 2017).

$$I_r = I_a * I_v \quad (1)$$

$$I_p = I_a * I_v * I_i \quad (2)$$

El índice de amenaza ( $I_a$ ) depende de la zona sísmica donde está ubicada la estructura de acuerdo con la NEC-15, para Galápagos ubicada a la zona sísmica 3 ( $Z=0.3g$  para  $T=475$  años).  $I_v$  es el índice de vulnerabilidad entre 6 y 100.  $I_i$  es el índice de importancia entre 0.80 a 1, el cual dependerá del uso del edificio.

El índice de vulnerabilidad ( $I_v$ ) dependerá del sistema estructural (con un peso relativo del 35 %), el año del proyecto (peso relativo del 25 %), existencia de irregularidades (peso relativo del 25 %), existencia de patologías estructurales y/o falta de mantenimiento (peso relativo de 4 %), la profundidad del depósito (peso relativo de 7 %) y las condiciones topográficas y de drenaje (peso relativo de 4 %). Existe una atención especial en la detección de columnas cortas, la ausencia de una buena definición de ejes estructurales en las dos direcciones, la presencia de losas planas, la falta de rigidez lateral y la interacción tabique-pórtico, debido a que estas características influyeron en una inadecuada respuesta dinámica de las edificaciones durante los recientes terremotos en Ecuador. También se consideró la influencia de la entrada en vigor de las normas sísmicas en el país. En 1977 cuando se tuvo el primer código sísmico, luego en el año 2002, después del terremoto de Bahía de Caráquez de 1998, el 2011 cuando se socializó la norma NEC y ya en el 2015 cuando salió a la luz como norma legal y ya se contemplan requerimientos modernos de diseño sismorresistente.

De la misma manera, con esta metodología, las edificaciones afectadas y/o que colapsaron durante los sismos mencionados fueron usadas para calibrar los índices propuestos. Similar comparación se realizó con algunas edificaciones de colegios severamente afectados durante los sismos de Cariaco y Caracas en Venezuela (Marinilli et al., 2012). En la Tabla 2 se muestran los índices obtenidos para el edificio Karina, afectado en el terremoto de Bahía, y el hostel El Ancla y una vivienda esquinera, severamente afectados con el terremoto de Pedernales. De acuerdo con estos resultados y la clasificación de la vulnerabilidad, riesgo y priorización de estas tres edificaciones en concordancia con el rango de valores de esta metodología (López et al., 2017). Se determinó que tanto el edificio Karina y hostel El Ancla poseían una vulnerabilidad elevada; mientras que la vivienda esquinera, muy elevada. En los tres casos el riesgo fue elevado. Con respecto a la prioridad obtenida de un rango de 1 a 12, siendo 1 la prioridad máxima y 12 una prioridad mínima, el edificio Karina tuvo una prioridad de 4; mientras que las otras dos, tuvieron una prioridad de 3.

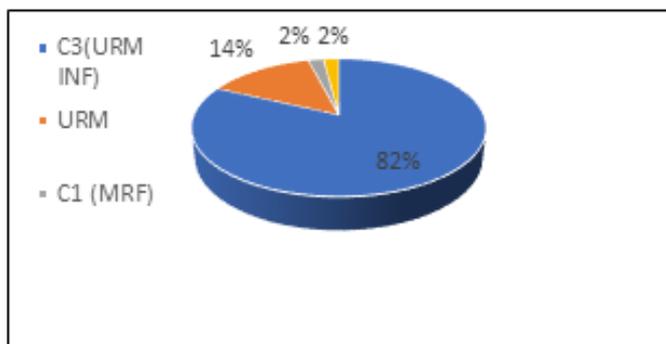
**Tabla 2.** Valores de índice para edificaciones afectadas en terremotos de Bahía 1998 y Pedernales 2016.

Edificación	$I_A$	$I_I$	$I_V$	$I_R$	$I_P$
Edificio Karina	0.90	0.82	54.20	48.78	39.99
Hostal El Ancla	0.90	0.82	55.40	49.86	40.88
Vivienda esquinera	0.90	0.80	64.40	57.96	46.37

Fuente: Elaboración propia.

### RESULTADOS

En la Figura 3 se observa la distribución de las edificaciones inspeccionadas de acuerdo con su tipología estructural según FEMA P-154, en la cual un 82% corresponde a sistema aporticado con tabiques de albañilería de relleno, un 14% a albañilería no reforzada y un 2% tanto para sistema aporticado de hormigón armado y para aporticado de madera. La figura 8 muestra el porcentaje de edificaciones inspeccionadas siguiendo las pautas del FEMA P-154 que serían vulnerables y requerirían una evaluación más detallada en un 52% de todas ellas.



**Figura 8.** Distribución de las edificaciones inspeccionadas de acuerdo con su tipología estructural.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9.** Distribución de edificaciones vulnerables que requieren evaluación más detallada.

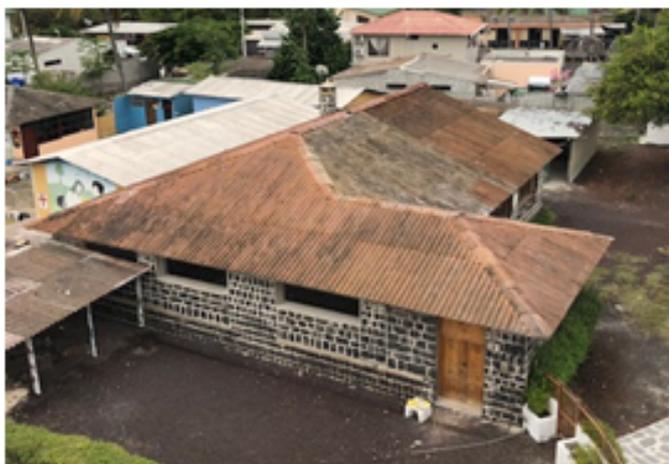
Fuente: Elaboración propia

La figura 10 muestra la escuela Cornelio Izquierdo, tipo URM, con estructura frágil e irregularidad tipo L en planta. Si bien con la IVR del FEMA 154 salió no vulnerable, usando la metodología FUNVISIS obtuvo un  $I_v = 85.4$ , siendo muy vulnerable. Esto se debe a que la metodología venezolana considera más parámetros y castiga más algunas irregularidades, además por ser de tipo informal, la construcción de por si es vulnerable para esta metodología. En cambio, el FEMA 154 consideró sólo dos modificadores al puntaje básico: planta irregular y precódigo sísmico. En la Figura 11 se observa un minimarket esquinero conformado por bloques de mampostería no reforzada (URM) con esbeltez horizontal cuto valor  $S=0.3$  del IVR y su  $I_v = 75.4$  siendo catalogado como de muy elevada vulnerabilidad.

En la Figura 12 se observa el Hospedaje Casa Los Delfines, tipo C3, construida en 2000 y ampliada en 2015, con una ausencia de vigas altas en dos direcciones y con columnas en fachada lateral que podrían potenciar un piso débil. Obtuvo un  $I_v = 69.65$  siendo catalogada como muy elevada su vulnerabilidad. También se observa en la figura 13 la edificación con forma de cuña en planta, de tipología C3, de uso comercial-hospedaje, donde se presentan ejes no paralelos y reverses en altura. Se obtuvo, bajo el enfoque de índices de vulnerabilidad y priorización, un  $I_v = 41.5$ , siendo su vulnerabilidad elevada y un  $I_r = 28.22$ , dando un riesgo alto. Mientras que aplicando el IVR se obtuvo un  $S=0.30$ , lo cual lo consideraba vulnerable y requeriría una evaluación más detallada.

### -F. Índices de amenaza sísmica, ocupación, vulnerabilidad, riesgo y priorización

Por tratarse de edificaciones construidas en una misma región con una amenaza sísmica común el índice de amenaza sísmica será el mismo  $I_a = 0.68$ . La figura 14 muestra la distribución del índice de vulnerabilidad para las edificaciones inspeccionadas. Comparando con los resultados obtenidos en las edificaciones severamente afectadas con el sismo de Pedernales de 2016 (Ver Tabla 2) se nota que aproximadamente



**Figura 10.** Escuela Cornelio Izquierdo  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 11.** Hospedaje inspeccionado en Isabela.  
**Fuente:** Elaboración propia.



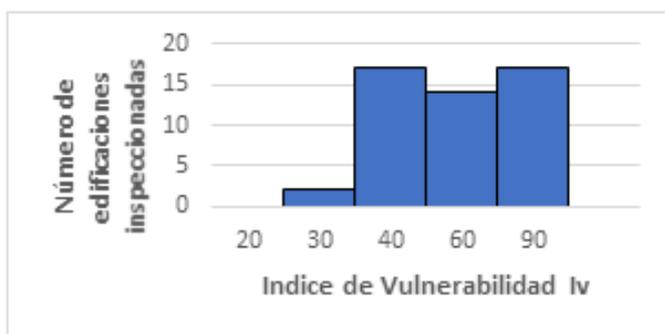
**Figura 12.** Minimarket de bloque hueco de mampostería.  
**Fuente:** Elaboración propia.

el 44 % de las edificaciones evaluadas tienen un  $I_v \geq 55.40$  y un 28 % mostraron un  $I_v \geq 64.40$ . De la misma manera se observa que si clasificamos la vulnerabilidad de las edificaciones inspeccionadas, se obtiene que un 34 % de ellas tiene



**Figura 13.** Edificación esquinera con volado y ejes no paralelos.  
**Fuente:** Elaboración propia.

vulnerabilidad muy elevada, un 28 % es elevada y un 34 % tiene vulnerabilidad media alta.

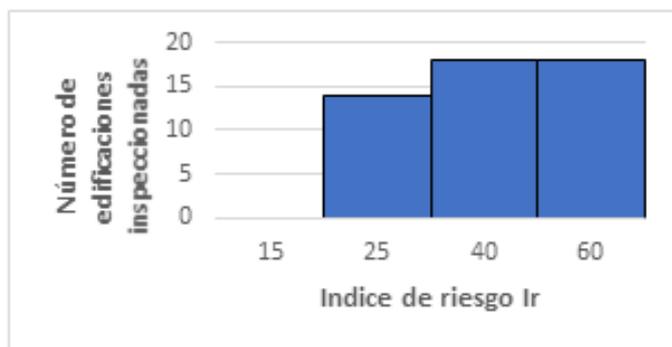


**Figura 14.** Distribución del índice de vulnerabilidad de las edificaciones inspeccionadas  
**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 15 muestra la distribución del índice de riesgo de las estructuras evaluadas y se tiene que estos índices para las tres edificaciones afectadas por terremotos pasados fueron de 48.78, 49.86 y 57.96 con su correspondiente rango de riesgo elevado, por tanto, se puede inferir que cerca del 72 % de las estructuras evaluadas corresponden a rangos de riesgo elevado y muy elevado según lo categoriza esta metodología. Finalmente, la figura 16 muestra la distribución del índice de priorización para las edificaciones evaluadas donde se observa que un 44 % de estas edificaciones, situadas en rangos de prioridad P4 a P1, estarían en un índice de priorización mayor o igual a los índices obtenidos por las edificaciones severamente afectadas por los sismos pasados.

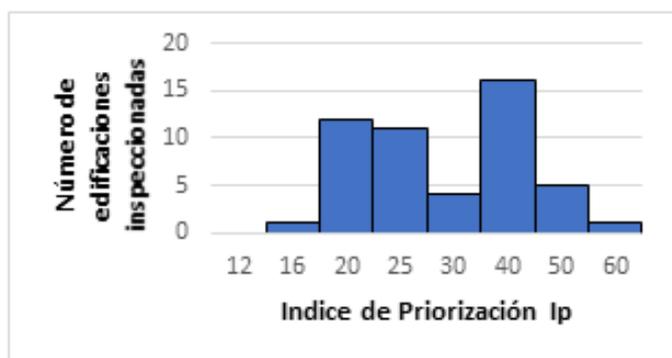
### CONCLUSIONES

En Ecuador es totalmente factible aplicar las dos metodologías aquí presentadas con el fin de inspeccionar, evaluar la vulnerabilidad sísmica y el riesgo, así como para obtener índices de priorización, las cuales se utilizan en 50 edificaciones en el sector residencial, comercial y turístico de la Isla Isabela (Galápagos), con sismicidad moderadamente alta según FEMA P-154. Para ello, se adaptaron dos distintos formatos de recolección de datos e inspección basados en el



**Figura 15.** Distribución del índice de riesgo de las edificaciones inspeccionadas.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 16.** Distribución del índice de priorización de las edificaciones inspeccionadas.

**Fuente:** Elaboración propia.

FEMA P-154 y el FUNVISIS donde se recoge información de las características estructurales y no estructurales de esas edificaciones.

Un 44 % de las edificaciones evaluadas en la isla Isabela tienen poseen un índice de vulnerabilidad  $I_v$   $\geq 55.40$ , el cual es índice alcanzado por el hostel El Ancla, el cual fue severamente afectado por el terremoto de Pedernales. Estas edificaciones entrarían dentro de la clasificación de vulnerabilidad elevada a vulnerabilidad muy elevada.

El total de las edificaciones inspeccionadas se encuentran en una zona de alta amenaza sísmica según la NEC y moderada alta según FEMA P-154. Se observa que un 72 % de las edificaciones inspeccionadas muestran valores de índice de riesgo mayor o igual al rango obtenido por las edificaciones severamente afectadas por el terremoto de Pedernales, siendo éste de elevado a muy elevado. Se recomienda que aquellas edificaciones con un índice de priorización de P4 a P1, las cuales constituyen un 44 %, sean sometidas a una evaluación más detallada para una posterior rehabilitación estructural como una primera fase de intervención.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, R. (2011). El mega sismo de Chile 2010 y lecciones para el Ecuador. *Quito, Ecuador: Sección Nacional del Ecuador del Instituto de Geografía e Historia*, pages 130–155.

Barrios, S., Bennetts, F., Cruz, M., Flores, L., Galaviz, S., and Vargas, V. (2017). Reporte de la visita a la zona de desastre por el sismo de  $M_w$  7.8 del 16 de abril de 2016 en las costas de la república del Ecuador. Technical report, CENAPRED, Ciudad de México, México.

Blaisdell, L., Caballero, J., Cano, W., and Carrillo, J. (2017). Observaciones de daños registrados en el sismo de Ecuador 2016. In *Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*. Universidad del Norte y Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Barranquilla, Colombia.

Filson, J., Simkin, T., and Leu, L.-k. (1973). Seismicity of a caldera collapse: Galapagos islands 1968. *Journal of Geophysical Research*, 78(35):8591–8622.

IG-EPN (2017). Actividad reciente del volcán Sierra Negra – Isla Isabela. Technical report, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Isabela, G. C. and de Guayaquil, F. S. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2012-2016.

López, O., Coronel, G., Ascanio, W., Rojas, Romme Páez, V., Olbrich, F., Rengel, J., and González, J. (2017). Índices de priorización de edificios para la gestión del riesgo sísmico, 3 ed. Technical report, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Marinilli, A., Fernández, N., López, O., and Coronel, G. (2012). Inspection of school buildings in seismic prone areas in Venezuela. In *15 World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa*, pages 24–28.

MIDUVI (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC*. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

(US), F. E. M. A. (2017). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook*. Government Printing Office.

USGS (2018). M 6.9 - 19km ssw of Leilani Estates, Hawaii.

Vizconde, A., Cortez, M., and Macas, F. (2017). Daños y comportamiento estructural de edificación irregular en Bahía de Caráquez – Ecuador debido al sismo del 16 de abril de 2016. In *Memorias XXI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Guadalajara, México*.