

## Estudio de riesgo sísmico en la localidad de Buenos Aires, Trujillo

Study of seismic risk in the field of Buenos Aires, Trujillo

Edwin Ricardo Rodríguez Plasencia<sup>1</sup> | Estudiantes de Ingeniería Civil<sup>2</sup>

### RESUMEN

Las nuevas tendencias en la Ingeniería Sísmica, reconocen la necesidad de evaluar el riesgo sísmico en entornos urbanos, es allí donde se concentra la mayor parte de la población, las infraestructuras y los servicios. Así pues, el comportamiento de los edificios ante la ocurrencia de sismos intensos y la peligrosidad sísmica, son los responsables de evitar verdaderas catástrofes sísmicas, como las que hasta la fecha, continúan dejando pérdidas económicas millonarias y un número inaceptable de víctimas mortales.

De lo anterior, se deduce la motivación del presente trabajo que es determinar el nivel de riesgo sísmico en la localidad de Buenos Aires, Trujillo, la cual contiene sobre los aspectos conceptuales relacionados con la evaluación de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las edificaciones, determinación de la población de estudio, el diseño de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimiento de evaluación, resultados y su respectivas interpretación, discusión y conclusiones.

**Palabras Clave:** Vulnerabilidad, Peligro, Riesgo sísmico.

### ABSTRACT

New trends in earthquake engineering, recognized the need to assess the seismic risk in urban settings. In fact, that's where most of the population is concentrated, infrastructure and services. Thus, the behavior of the buildings before the occurrence of strong earthquakes and seismic hazard, are responsible for avoiding real seismic disasters, as to date, continue to leave economic losses and an unacceptable number of fatalities.

From the above, the motivation of the present work shows that is to determine the level of seismic risk in the city of Buenos Aires, Trujillo, which contains the conceptual aspects of vulnerability assessment, hazard and seismic risk of buildings, determination of the study population, the research design, techniques and tools for data collection, evaluation procedure, results and their respective interpretation, discussion and conclusions.

**Key words:** Vulnerability, Hazard, Seismic risk.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Perú esta propenso a sufrir sismos de gran magnitud, esto se debe a que nuestro país se encuentra ubicado entre dos placas tectónicas: La placa de Nazca y la Sudamericana (pasando a ser partes del círculo de fuego del pacífico). Que ante la ocurrencia de un sismo, este traería graves consecuencias como son, las pérdidas humanas y materiales. Debido a que las edificaciones no están elaboradas con un adecuado proceso constructivo y tampoco cuentan con un estudio de riesgo sísmico, el cual es indispensable para la integridad de la estructura. Por ello hemos elaborado el presente artículo, bajo evaluaciones y estudios realizados en la zona de Buenos Aires, para obtener el RIESGO SÍSMICO EN EL SECTOR.

Para ello tomaremos en cuenta algunos sismos ocurridos que afectaron la zona de Buenos Aires siendo los más importantes el sismo del 31 de mayo de 1970, Magnitud: 6.0 y el sismo del 21 de junio de 1937 con magnitud: 6.75.

Ante la magnitud de estos sismos, la localidad sufrió daños, causando pérdidas materiales e interrumpiendo la actividad económica, comunicación y servicios públicos; dándose a notar la importancia del estudio de riesgo sísmico, ya que este depende fuertemente de la cantidad y tipo de asentamientos humanos del lugar.

En Buenos Aires, la gran concentración de edificaciones con mayor susceptibilidad de daño ante la ocurrencia de un evento sísmico se encuentra repartida en toda el área de estudio, puesto que presenta viviendas construidas durante la época colonial e inicios de la republicana utilizando material de adobe y quincha que en la actualidad se encuentran en mal estado de conservación y alto nivel de precariedad y con una sobrepoblación<sup>1</sup>.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es determinar el nivel de riesgo sísmico en la localidad de Buenos Aires, donde se tomará en cuenta los siguientes temas: vulnerabilidad sísmica y peligrosidad sísmica.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Aspectos conceptuales:

En la presente investigación se estudiará los siguientes temas.

#### 2.1.1. Riesgo sísmico:

Son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto<sup>2</sup>.

#### 2.1.2. Peligrosidad sísmica:

Es la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, provocando

efectos adversos a la actividad humana. Estos fenómenos además del movimiento de terreno pueden ser, la falla del terreno, la deformación tectónica, la licuefacción, inundaciones, tsunamis, etc.<sup>2</sup>.

#### 2.1.3. Vulnerabilidad sísmica

Es un valor único que permite clasificar a las estructuras de acuerdo a la calidad estructural intrínseca de las mismas, dentro de un rango de nada vulnerable a muy vulnerable ante la acción de un terreno<sup>2</sup>.

Por lo tanto, se puede observar que el Riesgo Sísmico depende directamente de la peligrosidad y de la vulnerabilidad, es decir, los elementos de una zona con cierta peligrosidad sísmica pueden verse afectado en menos o mayor medida dependiendo del grado de vulnerabilidad sísmica que tengan, ocasionando un cierto nivel de riesgo sísmico del lugar.

### 2.2. Población de estudio:

La población está conformada por las viviendas del Distrito Buenos Aires Provincia de Trujillo. Departamento de La Libertad, se empleó el muestreo de conglomerados, seleccionando aleatoriamente dos sectores de la localidad en estudio: Buenos Aires Sur y Buenos Aires Norte, con un total de 653 viviendas.

**2.2.1. Criterios de inclusión:** Se analizará aquellas viviendas que estén ubicadas en zonas de fácil acceso y que no representen peligro para los investigadores.

**2.2.2. Criterios de exclusión:** No se analizarán aquellas viviendas que estén ubicadas en zonas de difícil acceso y que representan peligro para los investigadores.

### 2.3. Diseño de investigación

Según el objetivo propuesto, se aplicó el diseño No Experimental, Transversal, Descriptivo Simple.

Esquema:



Fuente: Elaboración Propia.

Dónde:

M: Las viviendas de Buenos Aires Sur y Buenos Aires Norte.

O: El riesgo sísmico de las viviendas de Buenos Aires Sur y Buenos Aires Norte.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

**2.4.1. Encuesta:** (Elaborado por los alumnos de Ingeniería Sísmica con asesoría del docente del curso). La encuesta desarrollada permitirá evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, la cual

consta de dos partes: la primera evalúa los aspectos generales como la antigüedad de la edificación, estado de conservación, presencia de posibles factores externos, material predominante de construcción y ejecución de la obra. Y en la segunda, establece las características estructurales como el sistema estructural, configuración geométrica en elevación y en planta, y la presencia de posibles fallas estructurales.

Para evaluar la vulnerabilidad por vivienda según la encuesta, se estableció los siguientes pesos relativos establecidos para cada ítem:

Tabla 1. Pesos relativos.

Vulnerabilidad	Peso
Alta	3
Media	2
Baja	1

Fuente: Elaboración Propia.

**2.4.2. Estudios Realizados:** (Estudios realizados en la zona de investigación). Los estudios realizados en la localidad aportaron en la determinación del peligro sísmico, en donde se indagó sobre sismicidad histórica de la zona<sup>2</sup>, su cercanía al mar<sup>3</sup>, Estudio de Mecánica de Suelos<sup>4</sup>, el nivel freático<sup>4</sup>, la topografía<sup>2</sup>, la resistencia portante del suelo<sup>4</sup> y el factor zona<sup>5</sup>.

## 2.5. Procedimiento

Inicialmente se elaboró la encuesta que recolecta las características más importantes de la edificación que permite evaluar su vulnerabilidad.

Luego se procedió a aplicar la encuesta en la zona de estudio, en la cual fueron partícipes los habitantes aportando los datos generales de la vivienda.

Esto se llevó a cabo en un solo día y tuvo una duración de 4 horas.

Terminado la recolección de datos y las observaciones de la edificación, se continuó con la elaboración de una base de datos para procesar la información obtenida para luego contabilizar y calcular el nivel de vulnerabilidad de cada vivienda. Para ello se utilizó el método de los pesos relativos, que consta en asignarle un valor (de 1 al 3) según la respuesta escogida, luego sumamos los pesos por cada ítem y obtenemos la vulnerabilidad por vivienda.

Para la evaluación del riesgo sísmico, se indagó en la municipalidad distrital de Víctor Larco Herrera para contar información específica de la sismicidad histórica, estudio de mecánica de suelos, nivel freático, topografía y la resistencia portante del suelo, luego de obtener la información se evaluó en base pesos establecidos para obtener finalmente el peligro sísmico de la localidad.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Vulnerabilidad sísmica:

De acuerdo con la encuesta realizada se obtuvo lo siguiente:

#### 3.1.1. Aspectos generales

##### 3.1.1.1 Antigüedad de la edificación

Tabla 2. Número de viviendas por antigüedad de la edificación de viviendas.

	0 – 50 años	50 años a más	Total
Número de viviendas	524	129	653

Fuente: Elaboración Propia.

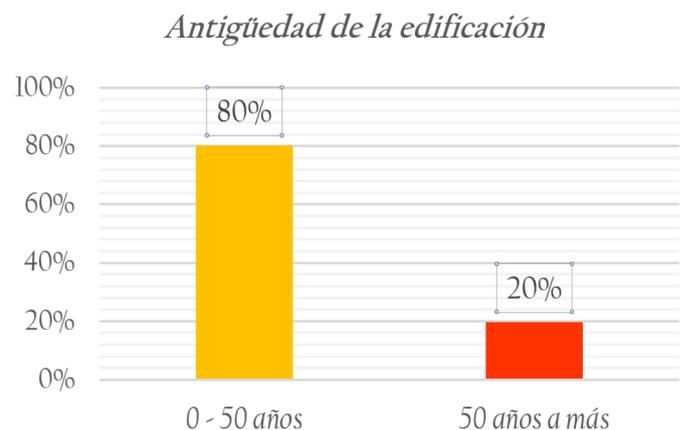


Figura 1. Porcentaje de viviendas por antigüedad de la edificación.

Fuente: Elaboración Propia.

El 80% de las viviendas de Buenos Aires presentan una antigüedad menor a los 50 años, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el mínimo (1). Mientras que el 20% de las viviendas presentan una antigüedad mayor a los 50 años, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el mayor (3).

##### 3.1.1.2. Estado de conservación

Tabla 3. Número de viviendas por estado de conservación.

	Bueno	Regular	Malo	Total
Número de viviendas	163	380	110	653

Fuente: Elaboración Propia.

*Estado de Conservación*

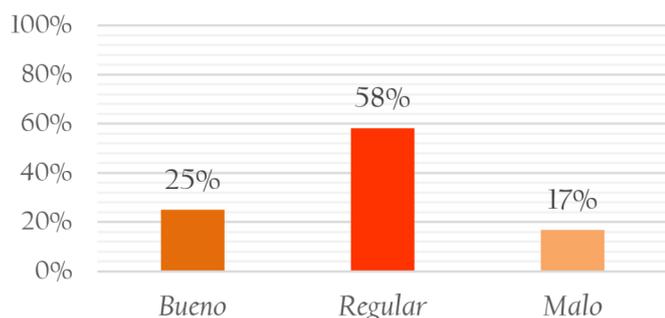


Figura 2. Porcentaje de viviendas por estado de conservación.

Fuente: Elaboración Propia.

El 17% de las viviendas de Buenos Aires presentan un estado de conservación Malo, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el mayor (3). En su mayoría, específicamente el 58% de las viviendas presentan un estado de conservación regular, por lo cual se le atribuye un grado de vulnerabilidad medio (2). Finalmente, sólo un 25% de viviendas presentan un estado de conservación Bueno, para las cuales el grado de vulnerabilidad es el mínimo (1).

### 3.1.1.3. Presencia de salitre, humedad y óxido

Tabla 4. Número de viviendas por presencia de salitre, humedad y óxido.

	Presencia de 1	Presencia de 2	Presencia de 3	Total
Número de viviendas	165	303	185	653

Fuente: Elaboración Propia.

*Presencia de salitre, humedad y óxido*

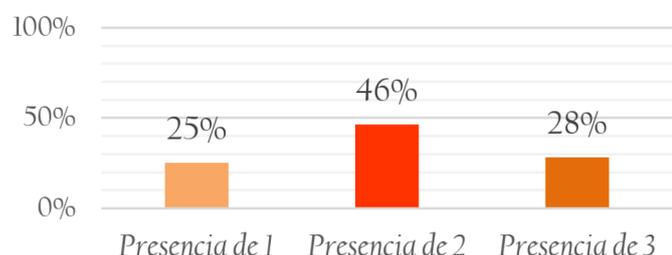


Figura 3. Porcentaje de viviendas por presencia de salitre, humedad y óxido.

Fuente: Elaboración Propia.

El salitre, la humedad y el óxido son factores que debilitan la estructura de las viviendas. El 100% de las viviendas de Buenos Aires presentan al menos uno de estos factores. El 28% de las viviendas presentan los 3 factores, correspondiéndole así el grado de

vulnerabilidad más elevado (3). El 46% de las viviendas presentan 2 de estos factores, por lo cual se le atribuye un grado de vulnerabilidad medio (2). Finalmente, el 25% de viviendas presentan solamente 1 de estos factores, para las cuales el grado de vulnerabilidad es el mínimo (1).

### 3.2. Material predominante

Tabla 5. Número de viviendas por material predominante.

	Concreto	Ladrillo	Adobe	Total
Número de viviendas	33	486	134	653

Fuente: Elaboración Propia.

*Material predominante*

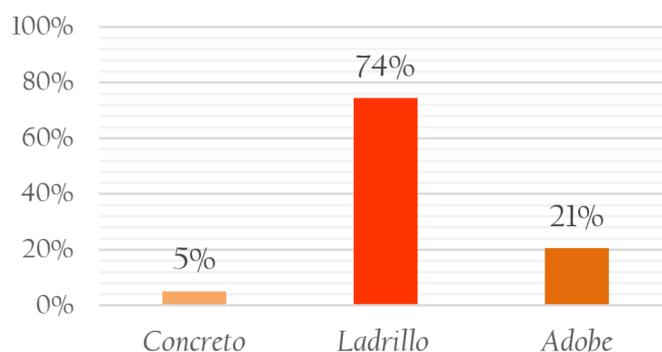


Figura 4. Porcentaje de viviendas por material predominante.

Fuente: Elaboración Propia.

Las viviendas de Buenos Aires fueron construidas, en general, por uno de estos tres materiales: concreto, ladrillo o adobe. El 21% de las viviendas presentan como material predominante el adobe, correspondiéndole así el grado de vulnerabilidad más elevado (3). En su mayoría, específicamente el 74% de las viviendas presentan como material predominante el ladrillo, por lo cual se le atribuye un grado de vulnerabilidad medio(2). Finalmente, sólo el 5% de viviendas presentan como material predominante al concreto, para las cuales el grado de vulnerabilidad asignado es el mínimo (1).

### 3.3. Ejecución de la obra

Tabla 6. Número de viviendas según ejecución de la obra

	Completo	Incompleto	Total
Número de viviendas	418	235	653

Fuente: Elaboración Propia.

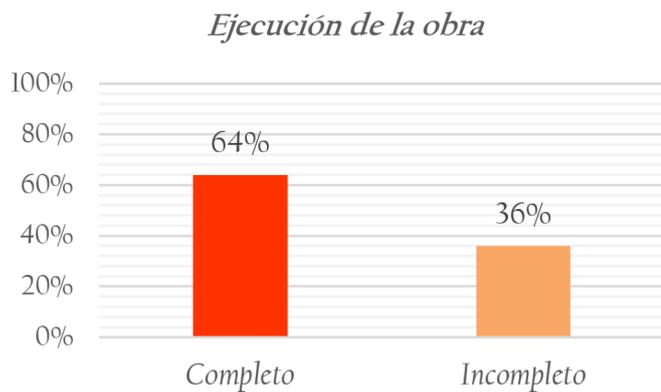


Figura 5. Porcentaje de viviendas según ejecución de la obra.

Fuente: Elaboración Propia.

En la encuesta realizada en Buenos Aires también se verificó el nivel de ejecución de obra de las viviendas, obteniéndose que el 36% de las viviendas de Buenos Aires se encuentran Incompletas en su ejecución, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el máximo (3). Mientras que el 64% de las viviendas tienen Completo su proceso de ejecución, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es mínimo (1).

### 3.4. Características estructurales

#### 3.4.1. Sistema estructural

Tabla 7. Número de viviendas por sistema estructural.

	Concreto Armado	Albañilería Confinada	Total
Número de viviendas	39	614	653

Fuente: Resultados según encuesta

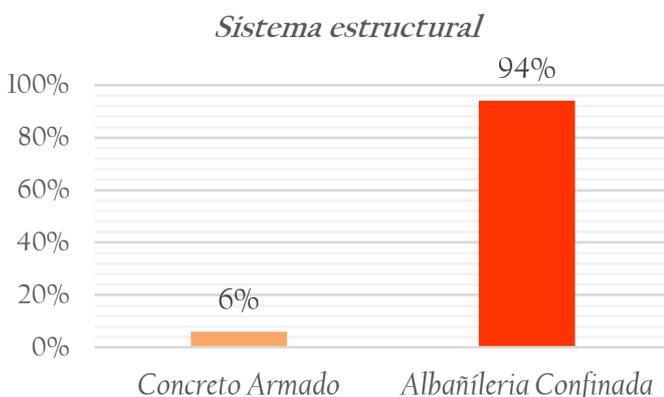


Figura 6. Porcentaje de viviendas por sistema estructural.

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante conocer el tipo de sistema estructural de las viviendas de Buenos Aires ya que esto tiene una estrecha relación con el comportamiento inmediato ante

un evento sísmico. Por ello se determinó que, el 94% de las viviendas cuentan con Albañilería confinada como sistema estructural, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el máximo (3). Mientras que sólo el 6% de las viviendas cuentan con concreto armado como sistema estructural, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es mínimo (1).

#### 3.4.2. Configuración geométrica en elevación

Tabla 8. Número de viviendas según configuración geométrica en elevación.

	Regular	Irregular	Total
Número de viviendas	467	186	653

Fuente: Elaboración Propia.

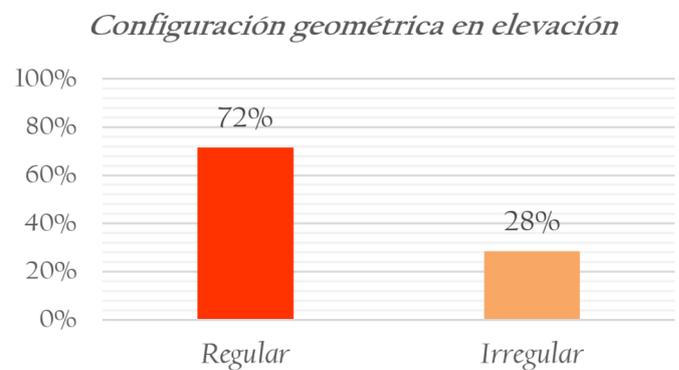


Figura 7. Porcentaje de viviendas según configuración geométrica en elevación.

Fuente: Elaboración Propia.

La configuración geométrica en elevación se vincula directamente con el grado de vulnerabilidad de la edificación, pues esta característica influirá en el comportamiento de la estructura frente a un evento sísmico. Por ello se determinó que, el 28% de las viviendas tienen una configuración geométrica irregular, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el máximo (3). Mientras que en su mayoría, específicamente el 72% de las viviendas tienen una configuración geométrica regular, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es mínimo (1).

#### 3.4.3. Configuración geométrica en planta

Tabla 9. Número de viviendas según configuración geométrica en planta.

	Regular	Irregular	Total
Número de viviendas	498	155	653

Fuente: Elaboración propia.

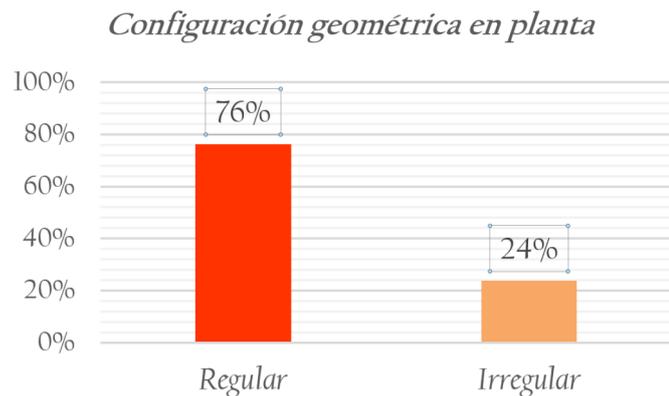


Figura 8. Porcentaje de viviendas según configuración geométrica en planta.  
Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que la configuración geométrica en elevación, la configuración geométrica en planta también se vincula directamente con el grado de vulnerabilidad de la edificación, pues esta característica influirá en el comportamiento de la estructura frente a un evento sísmico. Por ello se determinó que, el 24% de las viviendas tienen una configuración geométrica irregular en planta, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es el máximo (3). Mientras que en su mayoría, específicamente el 76% de las viviendas tienen una configuración geométrica regular en planta, lo cual significa que su grado de vulnerabilidad es mínimo (1).

### 3.4.4. Presencia de posibles fallas estructurales

Tabla 10. Número de viviendas por presencia de posibles fallas estructurales.

	Valores Peso 1	Valores Peso 2	Valores Peso 3	Total
Número de viviendas	346	66	241	653

Fuente: Elaboración Propia.

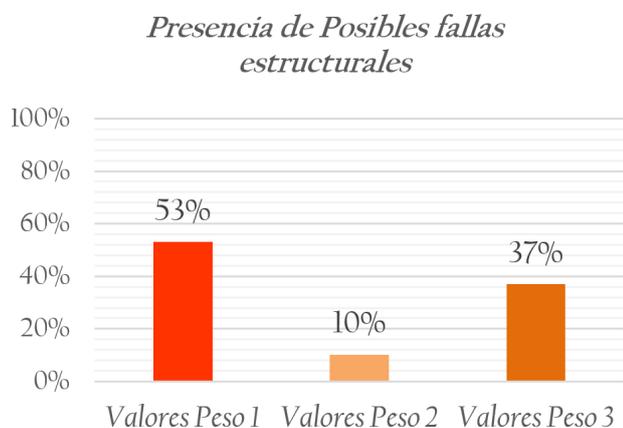


Figura 9. Porcentaje de viviendas por presencia de posibles fallas.  
Fuente: Elaboración Propia.

La presencia de posibles fallas estructurales en una edificación es un aspecto importante en el comportamiento y respuesta estructural de ésta frente a un evento telúrico. Por ello se determinó que el 37% de las viviendas presentan fallas tales como piso blando, excentricidad e impacto, correspondiéndole así el grado de vulnerabilidad más elevado (3). Por otro lado, el 10% de las viviendas presentan fallas tales como columna corta y reducción brusca en planta, por lo cual se les atribuye un grado de vulnerabilidad medio (2). Finalmente, el 53% de viviendas presentan fallas por daños no estructurales, para las cuales el grado de vulnerabilidad asignado es el mínimo (1).

### 3.5. Peligro Sísmico

De acuerdo con la RNE, la localidad de Buenos Aires se encuentra en la zona de sismicidad 3 con un Z de 0.4 m/s<sup>2</sup> (valor de aceleración máxima del terreno).

Según la información indagada se determinó:

Tabla 11. Identificación del Peligro Sísmico.

Descripción	Peso	
Cercanía al mar	100 m - 250 m	3
Mecánica de suelos	Grava y arena limo o arcilla	3
Nivel Freático	1 m - 2 m	3
Resistencia Portante	0.5kg/cm <sup>2</sup> - 2kg/cm <sup>2</sup>	3
Sismicidad histórica	6.0 - 9.0	2
<b>PELIGRO SÍSMICO</b>		<b>14</b>

Fuente: Elaboración Propia.

El peso total representa el peligro sísmico de la zona de estudio, donde se convierte en un dato constante para la evaluación final.

En efecto, el riesgo sísmico depende del grado de vulnerabilidad y peligrosidad sísmica, por ende se sumó ambas variables de estudio para obtener el nivel de riesgo sísmico de la localidad:

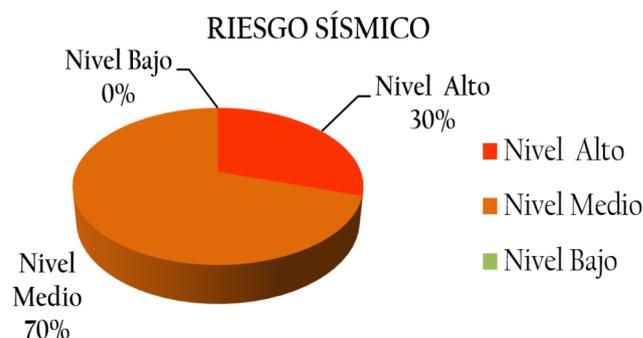


Figura 10. Porcentaje de riesgo sísmico en base al nivel identificado.  
Fuente: Elaboración Propia.

Gracias al análisis realizado de vulnerabilidad y peligro sísmico se pudo determinar el riesgo sísmico de las viviendas de Buenos Aires. Por ello se llegó a la conclusión de que el 30% de viviendas tienen un Riesgo Sísmico Alto, el 70% de viviendas un Riesgo Sísmico Medio y ninguna vivienda está considerada dentro de un Riesgo Sísmico bajo.

#### 4. CONCLUSIONES

La peligrosidad sísmica de la localidad de Buenos Aires está condicionada por el factor zonificación 3 que es una zona de alta sismicidad.

Los resultados obtenidos acreditan que las características inestables de los suelos, hacen que los mismos tengan influencia, considerando que incrementan la vulnerabilidad de las estructuras frente a un sismo de grandes magnitudes, como lo hace el nivel de vulnerabilidad estructural que influye directamente en las posibilidades de colapso de las mismas frente al sacudimiento del suelo producido por un sismo.

La zona de estudio presenta viviendas construidas durante la época colonial, que en la actualidad se encuentran en mal estado de conservación y con alto nivel de precariedad y con una sobrepoblación. En estas condiciones, todas estas viviendas son altamente vulnerables a desastres sísmicos.

La gran concentración de edificaciones con mayor susceptibilidad de daño ante la ocurrencia de un evento sísmico se encuentra repartida en toda el área de estudio. En general, el 30% de las construcciones en la zona de estudio del balneario de Buenos Aires presenta un riesgo sísmico Alto, y un 70% de las construcciones presenta un riesgo Medio.

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INDECI Riesgo sísmico y medidas de reducción del riesgo en el centro histórico de, Abril 2011. Lima Peru. Disponible en <http://www.indeci.gob.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606102841.pdf>
- [2] Ulises Mena Hernández. “Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas”. Barcelona, Julio de 2002. [Online]. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/0IINDICE.pdf?sequence=1>
- [3] Mapa de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, Primera etapa del programa de ciudades sostenibles, Trujillo – julio – 2002
- [4] Diario el comercio. No se podrá construir a menos de 450 metros de la orilla [Online]. Disponible en: [http://elcomercio.pe/lima/sucesos/no-se-podra-construir-menos-450-metros-orilla\\_1-noticia-446014](http://elcomercio.pe/lima/sucesos/no-se-podra-construir-menos-450-metros-orilla_1-noticia-446014) Disponible en: [http://elcomercio.pe/lima/sucesos/no-se-podra-construir-menos-450-metros-orilla\\_1-noticia-446014](http://elcomercio.pe/lima/sucesos/no-se-podra-construir-menos-450-metros-orilla_1-noticia-446014)
- [5] INGEOPEC E.I.R.L. Mejoramiento del Muro de Contención en la Rivera Costera, Distrito de Víctor Larco Herrera – Provincia de Trujillo – La Libertad. Perú: Trujillo. Diciembre 2009.
- [6] Oscar Vásquez Bustamante. “Reglamento Nacional de Edificaciones”. Tercera Edición. Junio - 2013 Lima - Perú.

