



# Evaluación y análisis de la vulnerabilidad sísmica en tanques elevados de viviendas multifamiliares en el distrito de Lircay-Angaraes-Huancavelica, 2021

Evaluation and analysis of seismic vulnerability in elevated tanks of multi-family houses in the Lircay-Angaraes-Huancavelica district, 2021

Brayan Ariste<sup>1</sup> • Wualter Cabezas<sup>1</sup>

**Recibido:** 04 de Mayo del 2022 / **Aceptado:** 11 de Julio del 2022

## RESUMEN

La evaluación y análisis de la vulnerabilidad sísmica en tanques elevados de viviendas multifamiliares en el distrito de Lircay-Angaraes-Huancavelica, analizados bajo parámetros del reglamentado nacional de edificaciones de Perú de las normas vigentes de E.030 (Diseño sismorresistente), E.020 (Cargas) y E.060 (Concreto armado). A sido aplicado a viviendas multifamiliares de 2do, 3er y 4to nivel con 600, 1 100 y 2 500 litros de tanque elevado respectivamente; donde se asignó valores al programa ETABS v20.3, para la verificación del análisis estático lineal y análisis estático no lineal con el método finito para la verificación del grado de vulnerabilidad de las viviendas evaluadas.

**Palabras claves:** análisis, evaluación, normas, tanques, viviendas, vulnerabilidad.

## ABSTRACT

The evaluation and analysis of seismic vulnerability in elevated tanks of multi-family dwellings in the district of Lircay-Angaraes-Huancavelica, analyzed under parameters of the national regulation of buildings of Peru of the current norms of E.030 (seismic resistant design), E.020 (Loads) and E.060 (Reinforced concrete). It has been applied to 2nd, 3rd and 4th level multi-family dwellings with 600, 1100 and 2500 liters of elevated tank, respectively; where values were assigned to the ETABS v20.3 program, for the verification of the linear static analysis and non-linear static analysis with the finite method for the verification of the degree of vulnerability of the evaluated houses.

**keywords:** analysis, evaluation, housing, standards, tanks, vulnerability.

## Introducción

El suministro del agua potable dentro de las instalaciones sanitarias en una edificación es indispensable para satisfacer las necesidades fisiológicas y de aseo del habitante. Por ello, es de suma consideración el almacenamiento del líquido para su desarrollo cotidiano, frente a las ocurrencias de desastres naturales como es el sismo; en el Perú, las viviendas son las más afectadas. Es así que, el terremoto ocurrido en Pisco en el año 2007 dejó graves consecuencias en la provincia de Ica. A razón de ello, entonces el servicio de agua es suspendido por un periodo de

Tiempo, afectando a la población necesitada planteamos ver la importancia que tienen los tanques elevados para el análisis dinámico a través de fichas de evaluación para tener una metodología de muestreo referencial concerniente a la observación actual en función a la edificación y al tanque elevado.

## Materiales y métodos

El diseño metodológico empleado para los tanques elevados de 600, 1 100 y 2 500 litros se realizó teniendo en cuenta el Reglamento Nacional de Instalación Sanitaria IE 010 y la Norma ACI 350.3-01. Para el análisis del tanque elevado del criterio de periodo convectivo e impulsivo que garanticen el cumplimiento del tiempo en determinado

✉ Brayan Ariste Manrique  
[maristebrayan@gmail.com](mailto:maristebrayan@gmail.com)

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

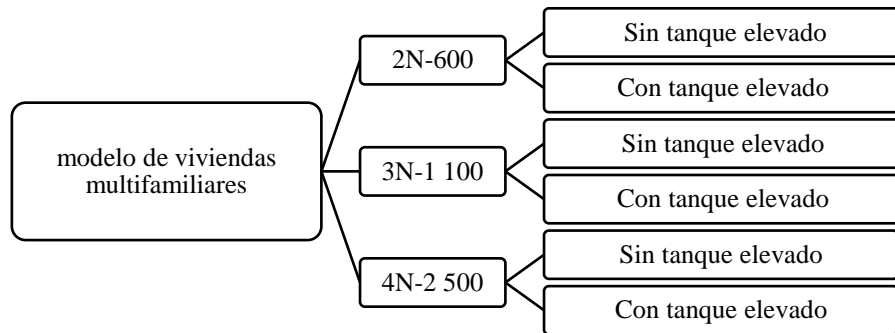
movimiento sísmico se analizó con el modelo Mecánico de Housner (Tunque, C., 2018). Para el análisis de la vivienda multifamiliar empleado con los parámetros obtenidos del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.030 (Diseño sismorresistente), para edificaciones de una vivienda multifamiliar, se diseñó el análisis de cada vivienda existente con finalidad de obtener la cortante basal estático ( $V_{base} = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P$ ) para el análisis estático lineal y no lineal. Los materiales empleados fueron las Fichas de registro de datos. Software AutoCAD, ETABS v20.3, hojas de cálculo mediante MS Excel.

Para poder identificar a las diferentes viviendas multifamiliares que se presentan en esta investigación, cada modelo contará con un nombre de configuración, los cuales se identificaron como

modelo 2N-600;3N-1 100 y 4N- 2 500; que tendrá como característica fundamental el número de pisos y la capacidad que tiene el tanque elevado. El modelo 2N-600, quiere decir que, la vivienda es de 2 pisos y tiene un tanque levado de 600 lt. Las estructuras de las viviendas multifamiliares existentes han sido previamente elaboradas sus planos de arquitectura, estructura e instalaciones sanitarias para poder obtener los elementos estructurales de cada modelo como un proceso de pre-diseño a tomar en cuenta. Con respecto al sistema de tanque elevado tendrá denotaciones de configuración similar al modelo en el cual será analizado, tomando en cuenta que los índices de la capacidad en litros, estos serán 600;1100 y 2500. A continuación, mostramos un esquema didáctico en el cual se muestra la distribución de cada estructura.

**Figura 1.**

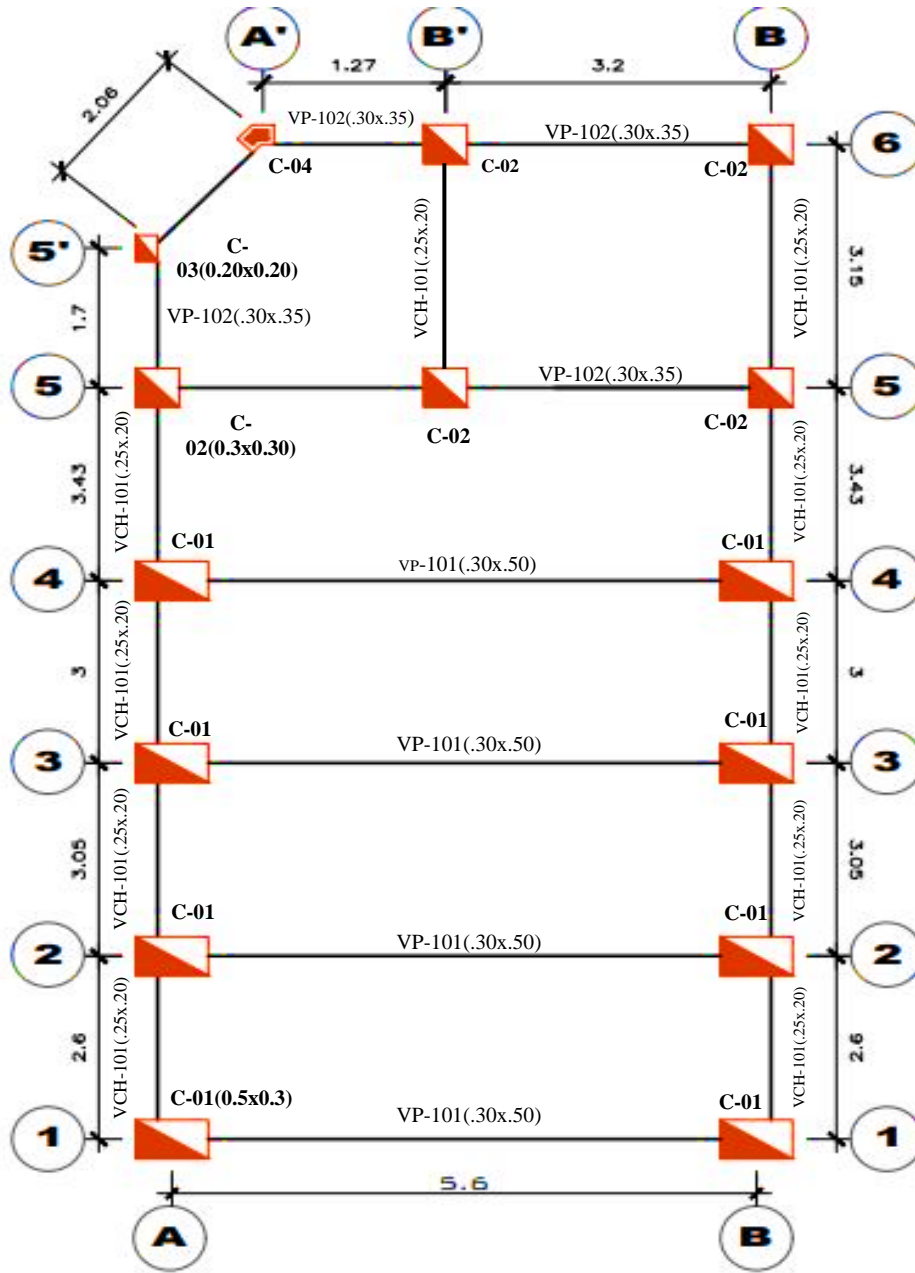
*Configuración de modelo estructural de viviendas multifamiliares*



**Fuente:** *Elaboración propia*

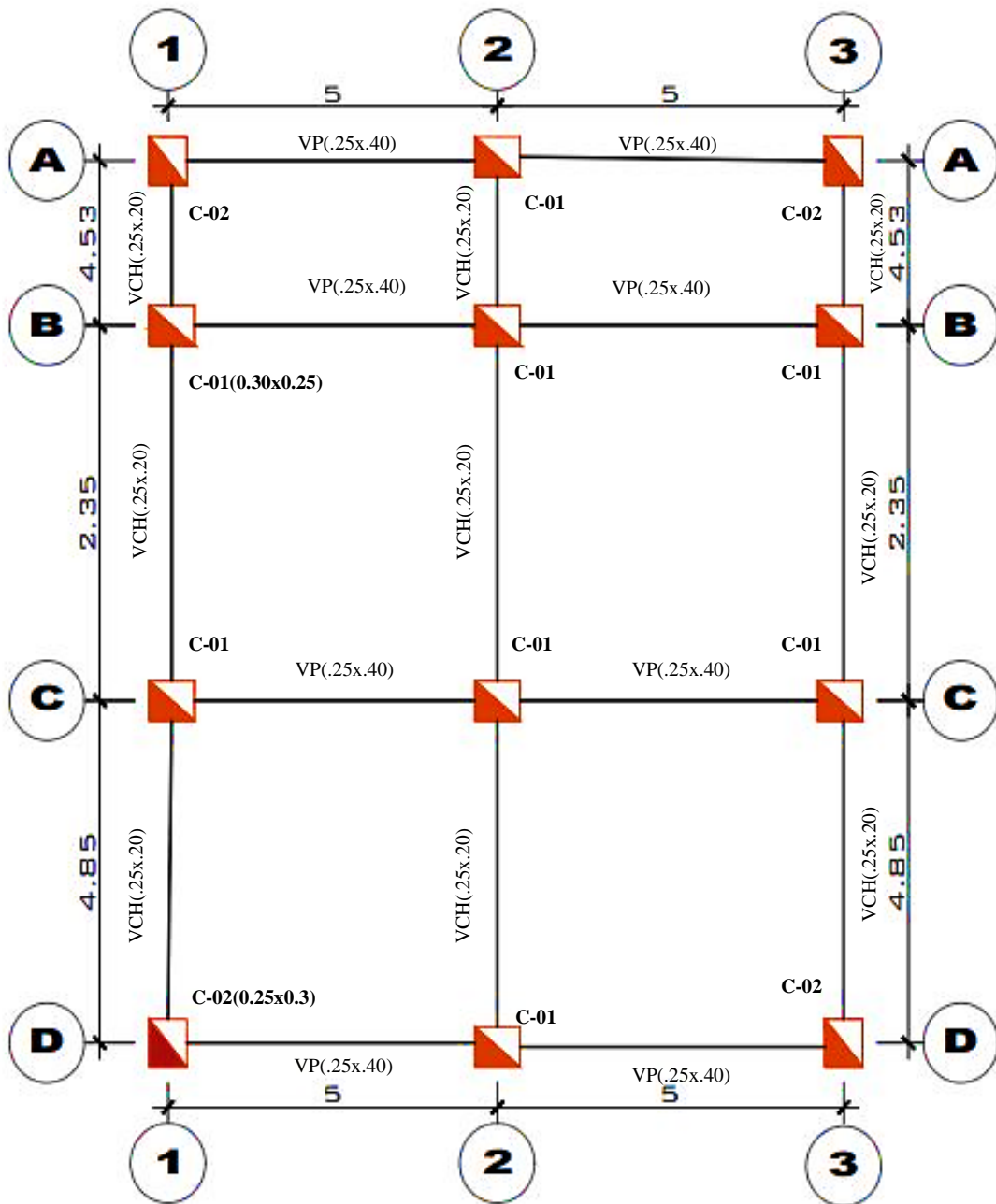
Figura 2.

Configuración 2N-600



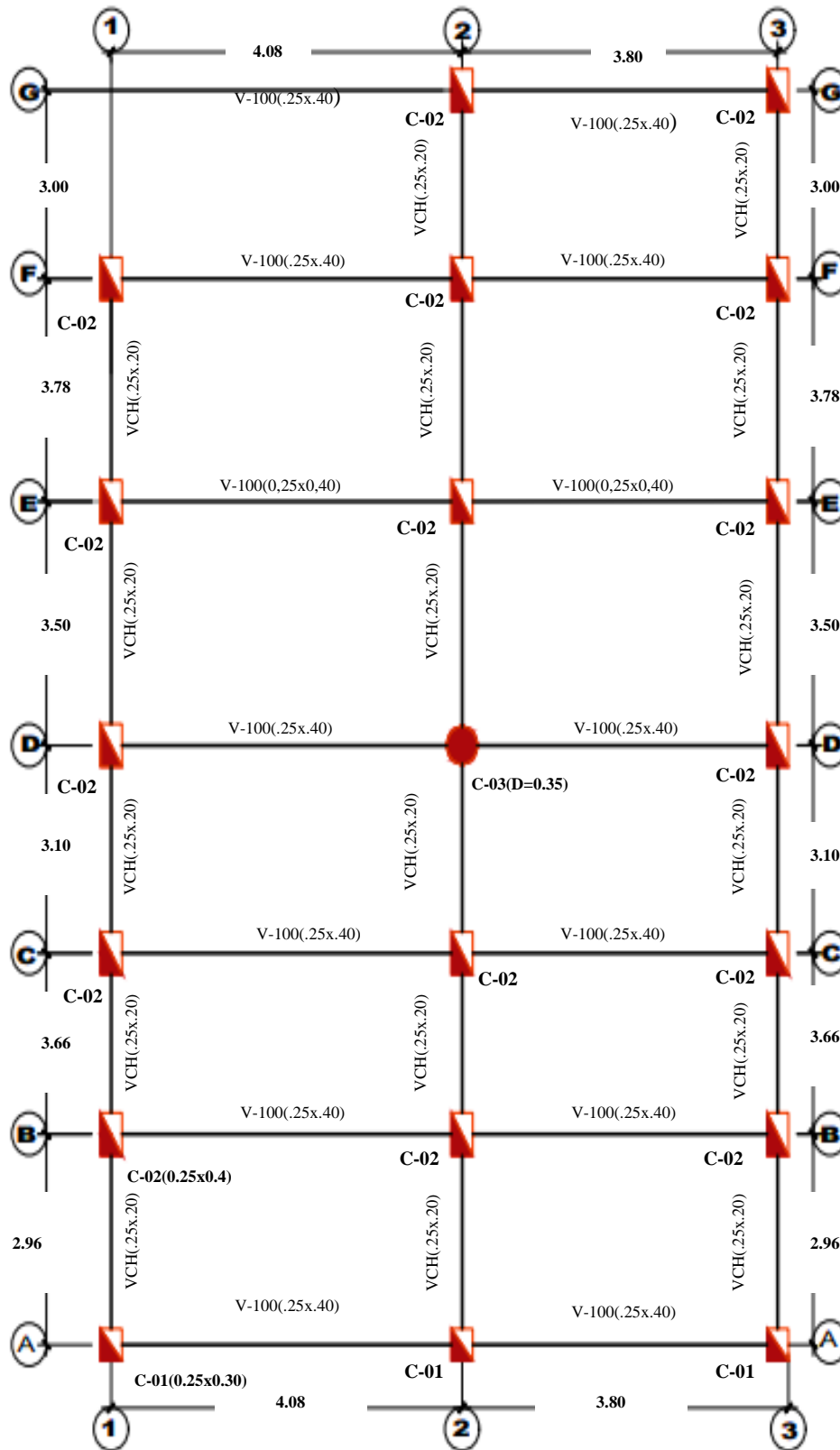
*Nota:* vivienda multifamiliar de 02 niveles de 3,30m y 2,90 metros respectivamente, con tanque elevado de 600 litros.

**Figura 3.**  
Configuración 3N-1 100



**Nota:** vivienda multifamiliar de 03 niveles de 3,00; 2,70 y 2,70 metros respetivamente, con tanque elevado de 1 100 litros.

**Figura 4.**  
*Configuración 4N-2 500*



**Nota:** vivienda multifamiliar de 04 niveles de 3,40; 2,60;2,60 y 2,60 metros respetivamente, con tanque elevado de 2 500 litros.

Tabla 1.  
Tanque elevado de 600 litros

DESCRIPCIÓN	DATOS	UNIDAD
Volumen nominal	0,6	m3
volumen máximo	0,65	m3
Diámetro de base	0,97	m
diámetro de boca	0,46	m
Altura de tanque elevado	1,17	m
espesor	0,03	m

**Fuente:** Elaborado a partir de datos de la empresa Sodimac Homecenter-Lima (2022).

Tabla 2.  
Tanque elevado de 1 100 litros

DESCRIPCIÓN	DATOS	UNIDAD
Volumen nominal	1,1	m3
volumen máximo	1,15	m3
Diámetro de base	1,10	m
diámetro de boca	0,46	m
Altura de tanque elevado	1,43	m
espesor	0,03	m

**Fuente:** Elaborado a partir de datos de la empresa Sodimac Homecenter-Lima (2022)

Tabla 3.  
Tanque elevado de 2 500 litros

DESCRIPCIÓN	DATOS	UNIDAD
Volumen nominal	2,50	m3
volumen máximo	2,55	m3
Diámetro de base	1,55	m
diámetro de boca	0,46	m
Altura de tanque elevado	1,65	m
espesor	0,03	m

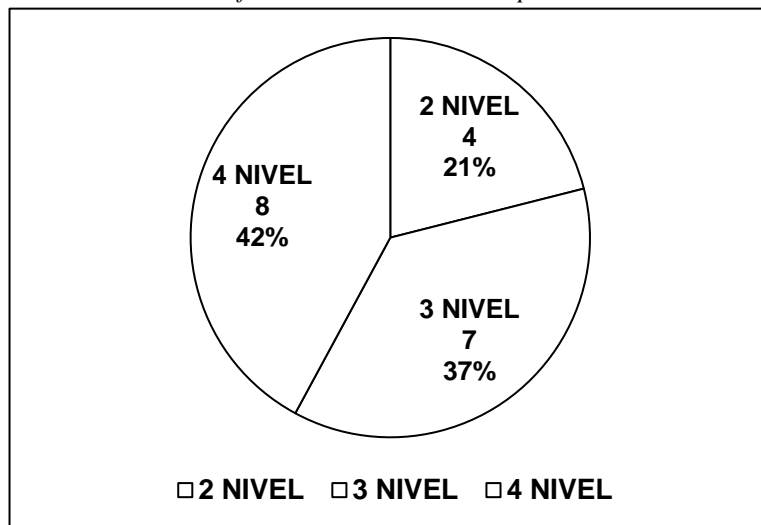
**Fuente:** Elaborado a partir de datos de la empresa Sodimac Homecenter-Lima (2022)

## RESULTADOS

Resultado estadístico del diagnóstico situacional. El Análisis para los parámetros básicos de la evaluación de vulnerabilidad de tanques elevados en vivienda multifamiliar en el distrito de Lircay. A Continuación, se muestra la figura 2, de

acuerdo a la encuesta se tiene que el 26 % de viviendas multifamiliares son de 2 pisos; 42 % de viviendas multifamiliares son de 3 pisos; y 32 % de viviendas multifamiliares son de 4 pisos evaluadas e interpretadas.

**Figura 5.**  
Cantidad de viviendas multifamiliares Vs. Número de pisos



*Fuente: Elaboración propia*

**Resultado de derivas finales**

La deriva obtenida surge del análisis de cada codificación de vivienda para verificar la diferencia del desplazamiento total en la parte

superior e inferior del piso, de acuerdo a la Norma peruana sismorresistente E.30, a continuación, se muestra las tablas de las derivas finales.

**Tabla 4.**

*Verificación de las derivas finales 2N-600.*

nivel	deriva (x)	deriva (y)	deriva(x)*0,75*	deriva(y)*0,75*r	deriva máxima
PISO 02	0,004	0,015	0,025	0,093	0,007
PISO 01	0,003	0,012	0,019	0,075	0,007

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 5.***Verificación de las derivas finales 3N-1100.*

nivel	deriva (x)	deriva (y)	deriva(x)*0,75*r	deriva(y)*0,75*r	deriva máxima
piso 03	0,001	0,002	0,010	0,016	0,007
piso 02	0,003	0,004	0,018	0,025	0,007
piso 01	0,003	0,003	0,022	0,023	0,007

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 6.***Verificación de las derivas finales 4N-2500*

nivel	deriva (x)	deriva (y)	deriva(x)*0,75*r	deriva(y)*0,75*r	deriva máxima
piso 04	0.005	0.005	0.0318	0.031	0.007
piso 03	0.007	0.008	0.0475	0.051	0.007
piso 02	0.009	0.010	0.0563	0.065	0.007
piso 01	0.006	0.009	0.0390	0.055	0.007

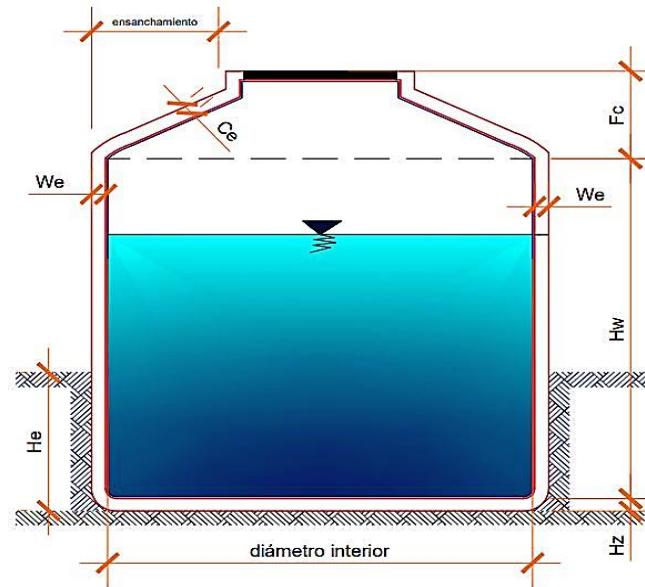
*Fuente: Elaboración propia***Resultado de análisis estructural con sistema de Tanque Elevado**

El análisis se realizó teniendo en cuenta el Reglamento Nacional de Instalación Sanitaria IE 010 de Perú y la Norma ACI 350.3-01.

Para el análisis del tanque elevado del criterio de periodo convectivo e impulsivo que garanticen el cumplimiento del tiempo en determinado movimiento sísmico se analizó con el modelo Mecánico de Housner. Obteniendo la frecuencia angular de cada tanque elevado analizado.



**Figura 6.**  
Tanque elevado



Fuente: Elaboración propia

➤ **Tanque elevado de 600 litros**

$$w_i = C_i \cdot \frac{1}{H_L} \cdot \sqrt{\frac{E_c \cdot 10^3 \cdot g}{\gamma_c}} = 1529,872 \frac{1}{s} \quad \text{Frecuencia angular}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{w_i} = 0.004 \text{ s} \quad \text{Periodo impulsivo}$$

$$T_C = \frac{2\pi}{w_C} = 1.032 \text{ s} \quad \text{Periodo convectivo}$$

➤ **Tanque elevado de 1 100 litros**

$$w_i = C_i \cdot \frac{1}{H_L} \cdot \sqrt{\frac{E_c \cdot 10^3 \cdot g}{\gamma_c}} = 240.226 \frac{1}{s} \quad \text{Frecuencia angular}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{w_i} = 0.006 \text{ s} \quad \text{Periodo impulsivo}$$

$$T_C = \frac{2\pi}{w_C} = 1.097 \text{ s} \quad \text{Periodo convectivo}$$

➤ **Tanque elevado de 2 500 litros**

$$w_i = C_i \cdot \frac{1}{H_L} \cdot \sqrt{\frac{E_c \cdot 10^3 \cdot g}{\gamma_c}} = 670.199 \frac{1}{s} \quad \text{Frecuencia angular}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{w_i} = 0.008 \text{ s} \quad \text{Periodo impulsivo}$$

$$T_C = \frac{2\pi}{w_C} = 1.305 \text{ s} \quad \text{Periodo convectivo}$$

**DISCUSIÓN**

En los análisis de resultados se presentan las derivas de entrepiso, los niveles de desempeño a partir del análisis estático no lineal “Pushover” en el programa ETABS 20.1, los daños probables globales de las estructuras analizadas con carga

adicional del tanque elevado de 600,1 100 y 2 500 litros.

**Derivas de entrepiso**

De acuerdo a la norma Sismorresistente E.030 peruana, la deriva máxima es de 0,007; a continuación, se muestra las tablas en de cada modelo estructural verificando su cumplimiento.

**Tabla 7.**  
Derivas máximas de entrepiso, del modelo estructural 2N-600

nivel	deriv a (x)	deriva (y)	deriva(x)*0,75* r	deriva(y)*0,75 *r	deriva máxima	chequeo de deriva(x)	chequeo de deriva(y)
PISO 02	0,004	0,0156	0,0250	0,093	0,007	no cumple	no cumple
PISO 01	0,003	0,0121	0,0197	0,075	0,007	no cumple	no cumple

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 8.**  
Derivas máximas de entrepiso, del modelo estructural 3N-1 100

nivel	deriva (x)	deriva (y)	deriva(x)*0,75*r	deriva(y)*0,75*r	deriva máxima	chequeo de deriva(x)	chequeo de deriva(y)
piso 03	0,001	0,002	0.010	0,016	,.007	no cumple	no cumple
piso 02	0,003	0,004	0.018	0,025	0,007	no cumple	no cumple
piso 01	0,003	0,003	0,022	0,023	0,007	no cumple	no cumple

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 9.**  
Derivas máximas de entrepiso, del modelo estructural 4N-2 500

nivel	deriva (x)	deriva (y)	deriva(x)*0,75*r	deriva(y)*0,75*r	deriva máxima	chequeo de deriva(x)	chequeo de deriva(y)
piso 04	0,005	0.005	0,031	0,031	0,007	no cumple	no cumple
piso 03	0,007	0.008	0,047	0,051	0,007	no cumple	no cumple
piso 02	0,009	0.010	0,056	0,065	0,007	no cumple	no cumple
piso 01	0,006	0,009	0,039	0,055	0,007	no cumple	no cumple

*Fuente: Elaboración propia*

### Nivel de desempeño

En las siguientes figuras se muestran los niveles de desempeño, obtenidos en el pórtico y para una aceleración de  $Z = 0,25$  g que es para un sismo raro a partir de la propuesta de SEAOC 1999 y una magnitud de 6.0 en la escala de Richter y escalados para los otros niveles de peligro

sísmico que son para un sismo frecuente  $Z = 0,077$ g, para un sismo ocasional de  $Z = 0,118$  g y para un sismo muy raro que es de  $Z = 0,32$  g, en el cual están limitados por valores a partir de la sectorización del espectro de capacidad para un nivel totalmente operacional, Operacional y resguardo de vida.

**Tabla 10.**

*Niveles de desempeño para 2N-600*

Dirección	Nivel de peligro sísmico	punto de desempeño	sectorización de los desplazamientos	objetivo de desempeño
Pórtico	sismo frecuente	3,32 mm	TO,[0-7,00>mm	<b>cumple</b>
	sismo ocasional	5,10 mm	TO,[0-7,00>mm	<b>no cumple</b>
	sismo raro	10,80 mm	O,[7,00-13,41>mm	<b>no cumple</b>
	sismo muy raro	14,44 mm	RV,[13,41-19,83>mm	<b>cumple</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 11.**

*Niveles de desempeño para 3N-1100*

Dirección	Nivel de peligro sísmico	punto de desempeño	sectorización de los desplazamientos	objetivo de desempeño
Pórtico	sismo frecuente	3,20 mm	TO,[0-8,82>mm	cumple
	sismo ocasional	4,95 mm	TO,[0-8,82>mm	cumple
	sismo raro	10,64 mm	O,[8.82-10,80>mm	cumple
	sismo muy raro	-	RV,[10.80-12,78>mm	no cumple

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 12.**

*Niveles de desempeño para la edificación 4N-2500*

Dirección	Nivel de peligro sísmico	punto de desempeño	sectorización de los desplazamientos	objetivo de desempeño
Pórtico	sismo frecuente	3,78 mm	TO,[0-15,86>mm	cumple
	sismo ocasional	6,00 mm	TO,[0-15,86>mm	cumple
	sismo raro	14,20 mm	O,[15,86-23,13>mm	no cumple
	sismo muy raro	21,00 mm	RV,[23,13-30,40>mm	no cumple

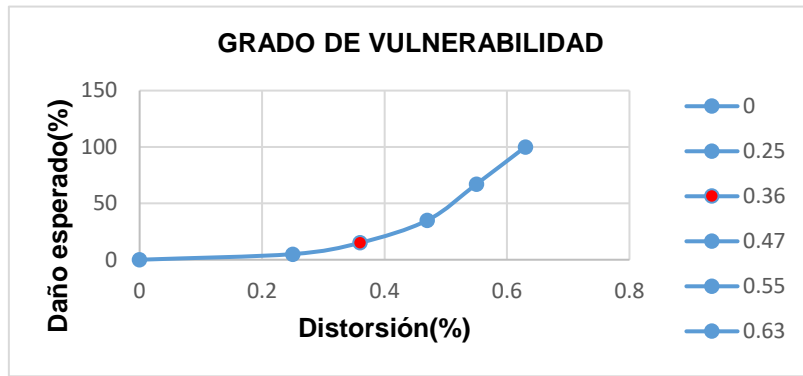
*Fuente: Elaboración propia*

**Análisis sísmico lineal de viviendas multifamiliar, con tanque elevado para el grado de vulnerabilidad.**

Para el análisis del daño medio se utilizó la metodología propuesta por Miranda, E., Ordaz

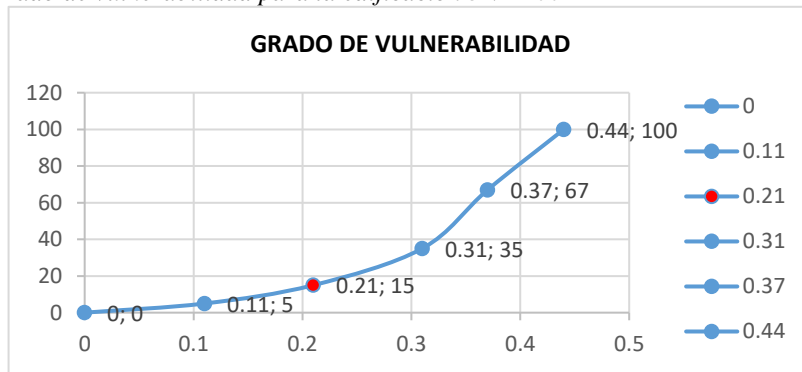
M., Reinoso E., y Pérez, E. (1998), para los factores de daño se utilizó la propuesta por Hwang y Huo (1994) y asociado para un nivel de desempeño de sismo raro según la propuesta del SEAOC 1999.

**Grafica 1.**  
Grado de vulnerabilidad para la edificación 2N-600



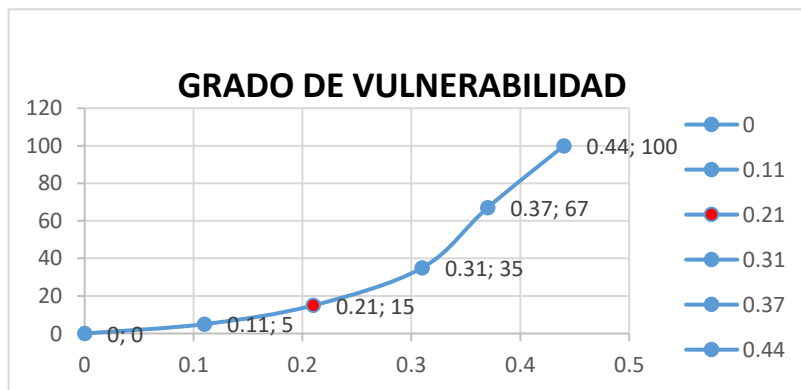
*Fuente: elaboración propia*

**Gráfica 2.**  
Grado de vulnerabilidad para la edificación 3N-1100



*Fuente: elaboración propia*

**Gráfica 3.**  
Grado de vulnerabilidad para la edificación 4N-2500



*Fuente: elaboración propia*

## CONCLUSIONES

- ✓ La presente investigación, demuestra que a través de las normativas vigentes como el E.030, de análisis estático lineal y no lineal es posible estimar el porcentaje de vulnerabilidad sísmica de viviendas multifamiliares del distrito de Lircay, la metodología propuesta por Miranda es posible. Por lo que se concluye que las edificaciones “2N-600” “3N-1 100” y “4N-2 500”, frente a una sollicitación sísmica de 0.35 (zona 3) según la propuesta del RNE E.030 – 2018.
- ✓ Se concluye que el 80% de las edificaciones de viviendas multifamiliares de concreto armado de la ciudad del distrito de Lircay, exceden el valor límite de deriva de entrepiso (0.007) y el 10 % no excede el valor límite en la dirección de pórticos y el 80 % no exceden el valor límite de deriva de entrepiso (0.005).
- ✓ Las edificaciones “2N-600” “3N-1100” y “4N-2 500”, presentan derivas de entrepiso que exceden el valor límite según lo establecido por la norma E.030 – 2018.
- ✓ Se concluye que el 40% de las edificaciones de viviendas multifamiliares, cumplen con los objetivos de desempeño “operacional” según lo establecido por el SEAOC 1 999, y el 40 % de las edificaciones de viviendas multifamiliares no cumplen en la dirección de pórticos con el objetivo de desempeño, y el 20 % no cumplen con los objetivos de desempeño en ambas direcciones por lo que se encuentra en un nivel de desempeño de “Resguardo de vida”, esto para un sismo raro.
- ✓ La edificación “2N-600”, presenta un nivel de desempeño “totalmente operacional” en dirección de X-X y un nivel de desempeño “operacional” en dirección Y-Y. Pero la vivienda frente a un sismo ocasional y muy raro no cumple los parámetros establecidos.
- ✓ La edificación “3N-1 100”, presenta un nivel de desempeño “operacional” en dirección de X-X y un nivel de desempeño de “resguardo de vida” en dirección Y-Y. Pero frente a un sismo muy raro no cumple.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional e Huancavelica (UNH) por el apoyo económico mediante el programa 0066.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Normas legales 321151(2006). Instalaciones sanitarias. el peruano. 1-16p
- Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones-RNE.
- Norma Técnica E.060 concreto armado del reglamento nacional de edificaciones-RNE.
- Norma Técnica E.060 cargas del reglamento nacional de edificaciones-RNE.
- Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Choqueza, W., & Molluni J. L. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones públicas de concreto armado en la zona urbana del distrito de Ocuwiri, prov. Lampa (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Muñoz, A., Blondet, M., Quispe, D., y Álvarez, A. (2001). Vulnerabilidad Sísmica de los Colegios Peruanos Modernos. Ponencia presentada en el XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Puno.
- Wilfredo Pacori A. (2019). “vulnerabilidad sísmica en las edificaciones educativas públicas de concreto armado en la ciudad de Ayaviri, puno – 2018” Universidad Nacional del Altiplano
- Villegas, J. (2014). Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector morro solar bajo, ciudad de Jaén Cajamarca (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Tavera, H. (Ed.). (2002). El terremoto de la región sur del Perú del 23 de junio del 2001. Lima, Perú: Instituto Geofísico del Perú.
- Tunque Centeno, C. G. (2018). "Análisis y diseño de un reservorio apoyado según el código ACI.350, tomando como base el modelo mecánico equivalente propuesto por G.W.Housner".