

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil



EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE VIVIENDAS TÍPICAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DISEÑADAS CON LA NORMATIVA VIGENTE EN EL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES, 2025

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Angel Eduardo Asencio Diaz

Código 20190167

Rodrigo Ludeña Carhuas

Código 20191162

Asesor

Luis Gabriel Quiroz Torres

Lima – Perú

Febrero de 2026

 Artículo

Evaluación Del Desempeño Sísmico De Viviendas Típicas De Albañilería Confinada Diseñadas Con La Normativa Vigente En El Distrito De San Martín De Porres, 2025

Angel Eduardo Asencio Diaz ¹, Rodrigo Ludeña Carhuas ²

Resumen: En el Perú, la normativa vigente para edificaciones se basa principalmente en un análisis lineal, el cual simplifica la respuesta sísmica y no logra representar con precisión el comportamiento real de las estructuras frente a eventos severos. Esta aproximación limita la posibilidad de evaluar daños progresivos y mecanismos de falla propios del rango inelástico. Asimismo, la albañilería confinada constituye el sistema estructural predominante en la construcción de viviendas en el área metropolitana de Lima, particularmente en el distrito de San Martín de Porres, una zona con alta vulnerabilidad sísmica debido a sus características geológicas. En este contexto, se evidencia la necesidad de enfoques más avanzados para evaluar el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada diseñadas conforme a la normativa vigente, ante la escasez de estudios que analicen de manera integrada la tipología en planta, el número de niveles y distintos niveles de amenaza sísmica. Por tal razón, este estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño sísmico de viviendas típicas de albañilería confinada, diseñadas conforme a la normativa peruana vigente, mediante un análisis no lineal. Para ello, se diseñaron cuatro tipologías representativas de viviendas del distrito, que incluyen viviendas céntricas y esquinadas de dos y tres pisos, conforme a los criterios establecidos en las normativas mencionadas. Posteriormente, se realizó una evaluación del desempeño sísmico mediante un análisis no lineal estático (pushover), el cual permitió modelar el comportamiento de estas edificaciones bajo distintos niveles de amenaza sísmica. Los resultados obtenidos mostraron que las viviendas diseñadas según la normativa vigente cumplen con los requisitos asociados al nivel de desempeño de Seguridad de Vida frente al sismo de diseño (sismo raro), garantizando un comportamiento adecuado ante eventos sísmicos frecuentes, ocasionales y raros. No obstante, frente a un sismo muy raro, se identificaron estados de colapso en determinadas tipologías y direcciones estructurales, alcanzándose valores de desplazamiento espectral del orden de 0.020–0.022 m y aceleraciones espectrales entre 7.14 y 8.59 m/s², sin que ello contradiga el cumplimiento normativo, dado que dicho nivel de amenaza no forma parte de los objetivos de diseño establecidos por la normativa vigente. Estos resultados confirman la efectividad de la normativa peruana dentro de su marco de aplicación y el presente estudio permite identificar con mayor claridad los factores que controlan el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada, aportando información útil para su evaluación estructural más allá del sismo de diseño.

Palabras clave: Desempeño Sísmico, Albañilería Confinada, Análisis No Lineal, Normativa Vigente, Pushover

Nomenclatura

Δ_e	Desplazamiento efectivo de fluencia	W_i	Peso de la edificación para el nivel i
Δ_p	Capacidad de desplazamiento inelástico	g	Gravedad
DS1	Operacional	T	Periodo de vibración
DS2	Funcional	K_i	Rigidez efectiva inicial
DS3	Seguridad de Vida	β_0	Amortiguamiento equivalente
DS4	Cercano al Colapso	β_{eff}	Amortiguamiento efectivo
DS5	Colapso	k	Factor de modificación de amortiguamiento
FE	Sismo Frecuente	SR_A	Factor de reducción por amortiguamiento
OE	Sismo Ocasional	a_y	Aceleración de fluencia
DE	Sismo Raro	d_y	Desplazamiento de fluencia

ME	Sismo Muy Raro	a_{pi}	Aceleración espectral última
A_m	Área transversal	d_{pi}	Desplazamiento espectral último
V	Fuerza cortante	A_p	Área de la planta típica
cr	Estado de ruptura	Z	Factor de zona sísmica
y	Estado de fluencia	U	Factor de uso
m	Estado máximo	S	Factor de suelo
u	Estado último	N	Número total de pisos
h	Altura del muro	f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
L	Longitud del muro	f'_m	Resistencia a la compresión de la albañilería
l	Longitud efectiva del muro	f_y	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
t	Espesor del muro	C	Coeficiente de amplificación sísmica
at	Área de refuerzo longitudinal en columnas de confinamiento	R	Factor de reducción
aw	Área de refuerzo transversal en columnas de confinamiento	P	Peso total de la edificación
σ_y	Límite de fluencia del acero longitudinal	I_p	Factor de irregularidad en planta
σ_{wy}	Límite de fluencia del acero transversal	T_p	Período que define la plataforma del factor C
σ_0	Carga axial	I_a	Factor de irregularidad en altura
F_m	Resistencia de la mampostería	T_l	Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante
P_t	Ratio de acero longitudinal	R_o	Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas
P_{we}	Ratio de acero transversal	V_{est}	Fuerza cortante estática
β	Coeficiente para cada estado límite	V_{din}	Fuerza cortante dinámica
S_a	Aceleración espectral	Δ/h	Cociente entre el desplazamiento relativo de niveles consecutivos y la altura de entrepiso
Δ_i	Desplazamiento en nivel i	sep	Separación de estribos
S_d	Desplazamiento espectral	d_p	Desplazamiento espectral de desempeño
PF_1	Factor de participación modal del primer modo	a_p	Aceleración espectral de desempeño
$\phi_{i,1}$	Coeficiente de forma modal en el nivel i para el primer modo	τ	Relación de esfuerzo cortante
α_1	Coeficiente de masa modal del primer modo		

1. Introducción

Una de las principales cuestiones en el análisis estructural de edificaciones sismorresistentes en el Perú radica en las limitaciones inherentes al enfoque normativo vigente. Aunque las normas E.030 y E.070 constituyen el marco regulador oficial para el diseño estructural de edificaciones, diversos aspectos restringen su capacidad para representar con precisión el comportamiento real de las estructuras ante eventos severos. La E.030 establece que las edificaciones deben resistir un sismo raro (definido como aquel con un periodo de retorno de 475 años, equivalente a una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años) sin colapsar, aunque admitiendo daños estructurales. Esta norma se basa en un análisis elástico lineal, en el cual las fuerzas sísmicas de diseño corresponden solo a una fracción de la sollicitación máxima esperada, reducida mediante un coeficiente de reducción sísmica “ R ”, lo que impide capturar el comportamiento inelástico real de la estructura.

De forma complementaria, la E.070 adopta el mismo nivel de amenaza sísmica definido por la E.030 y exige que los muros portantes sean capaces de soportar dicho evento sin colapso, pero sin incorporar criterios explícitos para evaluar la respuesta estructural ante distintos niveles de demanda sísmica [1,2]. Estas limitaciones, asociadas principalmente al uso de procedimientos elásticos lineales, justifican la necesidad de enfoques más avanzados, como el uso de un análisis no lineal, el cual permite establecer umbrales de daño y evaluar el comportamiento estructural más allá del rango elástico [3].

En ese contexto, resulta relevante analizar cómo estas restricciones inherentes a la normativa podrían afectar el desempeño real de edificaciones construidas bajo dicho marco técnico. Un caso particularmente representativo es el del distrito de San Martín de Porres, que se encuentra entre los cuatro distritos con mayor cantidad de viviendas en Lima Metropolitana y Callao, y que además presenta una alta amenaza sísmica debido a su proximidad a la costa y a las características de sus suelos blandos. Distrito en el cual, el sistema estructural predominante es la albañilería confinada, especialmente en edificaciones de entre 2 y 3 niveles [4]. Dado que estas construcciones se encuentran dentro del alcance normativo de las E.030 y E.070, su análisis representa una oportunidad adecuada para examinar si las disposiciones establecidas garantizan un desempeño sísmico aceptable, no solo ante el sismo de diseño, sino también frente a eventos de mayor severidad o distinta frecuencia de ocurrencia [5-9].

En este marco, son escasos los estudios que evalúan el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada diseñadas conforme a la normativa peruana vigente, considerando de manera conjunta las tipologías más representativas del parque habitacional, correspondientes al número de niveles y diferenciando su comportamiento estructural según su ubicación en planta, ya sea céntrica o esquinera. Esta apreciación se sustenta en el análisis de la revisión bibliográfica realizada para el desarrollo de la presente investigación, en la cual se evidenció que la mayoría de los estudios existentes no aborda de forma integrada estas condiciones. Asimismo, aun no se ha estudiado de forma sistemática el comportamiento de este tipo de edificaciones normadas frente a distintos niveles de amenaza sísmica.

Por tal razón, el presente estudio se centra en evaluar el comportamiento sísmico de viviendas típicas de albañilería confinada ubicadas en el distrito de San Martín de Porres, todas ellas diseñadas conforme a la normativa vigente. Para ello, se modeló y analizó un conjunto de cuatro configuraciones representativas: una vivienda céntrica de dos pisos (C2), una céntrica de tres pisos (C3), una esquinera de dos pisos (E2) y una esquinera de tres pisos (E3). El objetivo del estudio es evaluar el desempeño sísmico de dichas viviendas frente a distintos niveles de demanda sísmica, verificando su comportamiento tanto ante el sismo de diseño establecido por la normativa (sismo raro) como frente a eventos sísmicos de mayor magnitud.

Asimismo, los resultados se contrastan con investigaciones nacionales sobre el desempeño sísmico de estructuras de albañilería confinada, con el propósito de identificar patrones de similitud y diferencia, y de verificar si el comportamiento observado en las edificaciones analizadas se alinea con lo reportado en otros estudios desarrollados en el contexto peruano. Dado que la normativa peruana no desarrolla procedimientos específicos para la evaluación del desempeño estructural, en el presente estudio se adopta el ATC-40 (Método A) como referencia metodológica para la determinación de los puntos de desempeño a partir del análisis pushover, y la clasificación propuesta por Vision 2000 para la definición y representación de los niveles de desempeño, por tratarse de metodologías ampliamente empleadas y validadas en evaluaciones de desempeño sísmico de edificaciones de baja y mediana altura, además que esta ofrece una forma más clara y visual de exponer los estados de la estructura que la planteada en el propio ATC-40 [12,14].

El alcance del estudio se limita a edificaciones de uso residencial de 2 y 3 pisos ubicadas en una esquina o de manera céntrica (entre 2 viviendas), regulares en planta y elevación, diseñadas conforme a las Normas E.030 y E.070, sin considerar efectos asociados a irregularidades severas, deterioro constructivo ni interacción suelo-estructura. Finalmente, el documento se organiza de la siguiente manera: el Capítulo 2 presenta el marco teórico, el Capítulo 3 describe la selección de las tipologías estructurales, el Capítulo 4 desarrolla el diseño y

análisis estructural según la normativa vigente, el Capítulo 5 presenta la evaluación del desempeño sísmico, el Capítulo 6 analiza los resultados y el Capítulo 7 expone las conclusiones del estudio.

2. Marco Teórico

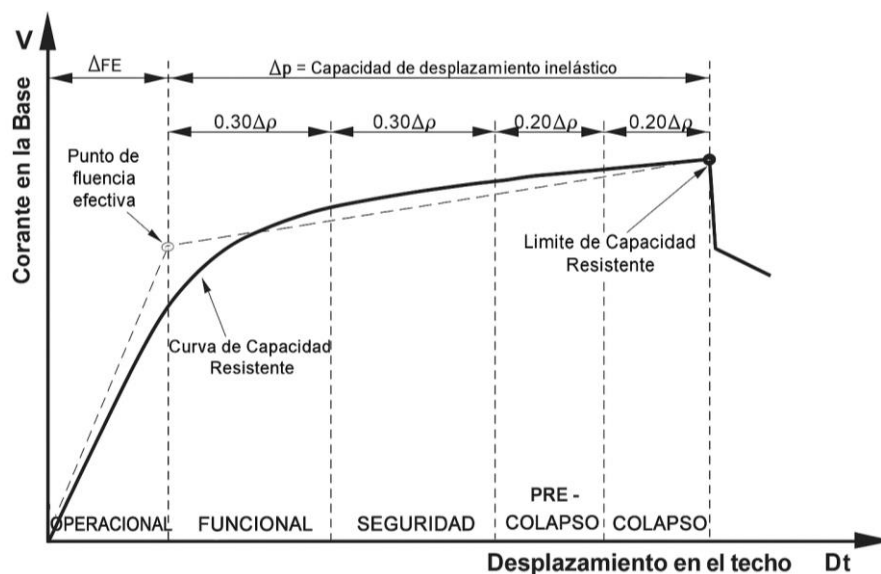
2.1. Normativa vigente peruana

El diseño y análisis estructural de edificaciones en el Perú se basa en un conjunto normativo que tiene como finalidad garantizar la seguridad, la resistencia y la funcionalidad de las construcciones ante distintas solicitaciones, principalmente las de origen sísmico. La Norma Técnica E.030 (2020) establece los criterios mínimos para el diseño sismorresistente de edificaciones nuevas o en proceso de reforzamiento, con el propósito de evitar el colapso estructural y reducir las pérdidas humanas, materiales y funcionales frente a sismos de diversa intensidad. En complemento, la Norma E.070 (2020) regula el diseño y construcción de edificaciones de albañilería, exigiendo que cumplan requisitos mínimos de resistencia, rigidez, estabilidad y funcionalidad, conforme a las solicitaciones sísmicas definidas en la E.030. Asimismo, la Norma E.060 (2020) establece los lineamientos técnicos necesarios para el diseño estructural en concreto armado, asegurando la correcta interacción entre elementos y el cumplimiento de parámetros como ductilidad, resistencia, control de fisuración y durabilidad. Por su parte, la Norma E.020 (2020) define las cargas mínimas de diseño, tanto permanentes como variables, que deben considerarse en el análisis estructural para evaluar adecuadamente las solicitaciones que actúan sobre la edificación. En conjunto, estas normas constituyen los pilares fundamentales del marco técnico que rige la adecuada construcción de estructuras de albañilería confinada en el Perú [1,2,10,11].

2.2. Niveles de desempeño de la estructura

Un nivel de desempeño representa el grado máximo de daño que puede experimentar una edificación ante un determinado nivel de sismo. Según VISION 2000, existen cinco niveles de desempeño, cada uno de los cuales establece un umbral dentro de un rango de daño, considerando aspectos fundamentales como la continuidad operativa, posibilidad de reparación, seguridad, entre otros. Estos niveles están asociados a segmentos específicos de la curva de capacidad estructural. Para dividir dicha curva, es necesario primero identificar el desplazamiento efectivo de fluencia (Δ_e) y la capacidad de desplazamiento inelástico (Δ_p). El desplazamiento efectivo de fluencia (Δ_e) refiere al momento en que se ha producido hasta el 50% de las incursiones inelásticas responsables del mecanismo de falla, sin que en ninguna sección la deformación supere el 150% de su valor en el punto de fluencia. Por otro lado, la capacidad de desplazamiento inelástico (Δ_p) representa el desplazamiento lateral desde el punto de fluencia efectivo hasta el colapso. La parte inelástica de la curva de capacidad se subdivide en cuatro tramos definidos según proporciones del desplazamiento inelástico (Δ_p). Tal como se observa en la Figura 1, los niveles de desempeño se clasifican como: Operacional (DS1), Funcional (DS2), Seguridad de Vida (DS3), Cercano al Colapso (DS4) y Colapso (DS5) [12].

Figura 1. Sectorización de la curva de capacidad



Fuente: SEAOC [12]

2.3. Objetivos de desempeño estructural

Los objetivos de desempeño estructural representan la relación entre los niveles de desempeño esperados para una edificación y la intensidad del movimiento sísmico considerado.

El documento VISION 2000 establece una clasificación de las edificaciones en función de su importancia durante y después de un evento sísmico. Para cada categoría, se definen objetivos de desempeño específicos (básico, esencial o crítico) en correspondencia a distintos niveles de sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro. [12]. Esta relación se presenta de forma sintética en la Tabla 1, la cual sirve como base para la definición del desempeño sísmico esperado de las viviendas evaluadas, correspondiente al nivel de objetivo básico.

Tabla 1. Objetivos de desempeño

	Operacional	Funcional	Seguridad	Pre-Colapso	Colapso
Sismo Frecuente (FE)	1	0	0	0	0
Sismo Ocasional (OE)	2	1	0	0	0
Sismo Raro (DE)	3	2	1	0	0
Sismo Muy Raro (ME)		3	2	1	0

Nota: 0 = Desempeño inaceptable, 1 = Objetivo básico, 2 = Objetivo esencial, 3= Objetivo crítico.

Fuente: SEAOC [12]

2.4. Capacidad estructural

En el ámbito de la ingeniería sísmica, la capacidad de una estructura para soportar acciones sísmicas se representa mediante una curva, la cual relaciona la fuerza cortante en la base de la edificación con el desplazamiento horizontal que ocurre en la parte superior de la misma. La capacidad estructural global de la edificación depende directamente del comportamiento de sus muros portantes, dado que estos constituyen los principales elementos resistentes frente a las cargas laterales. Por ello, resulta necesario evaluar la capacidad

individual de cada muro, de manera que su respuesta pueda integrarse y representar el desempeño global de la estructura.

Para cada muro portante de la edificación, se elaboraron curvas de fuerza cortante versus desplazamiento (V-D) a nivel de elemento estructural. Estas curvas se obtuvieron considerando las propiedades geométricas del muro como el área transversal (A_m), así como el refuerzo y la carga axial actuante. Estas curvas permiten evaluar el comportamiento local de cada muro, identificando puntos clave como la fuerza cortante de agrietamiento (cr), fluencia (y), resistencia máxima (m) y falla (u), a partir de la Ec. (1) [2].

$$V_{cr,y,m,u} = \tau_{cr,y,m,u} \cdot A_m \quad (1)$$

Para obtener dichas curvas, se consideraron los siguientes parámetros de entrada: altura del muro (h), longitud (L), longitud efectiva (l), espesor (t), área de refuerzo longitudinal (at) y transversal (aw) en columnas de confinamiento, límites de fluencia del acero longitudinal (σ_y) y transversal (σ_{wy}), carga axial (σ_0), resistencia de la mampostería (F_m), los ratios de acero longitudinal (P_t) y transversal (P_{we}), entre otros. A partir de esta información, se usaron relaciones empíricas características (cr, y, m, u) las cuales fueron necesarias para obtener las fuerzas cortantes.

$$\text{Relación de acero longitudinal normalizada} = \frac{P_t \cdot \sigma_y}{F_m} \quad (2)$$

$$\text{Relación de acero transversal normalizada} = \frac{P_{we} \cdot \sigma_{wy}}{F_m} \quad (3)$$

$$\text{Relación de acero longitudinal normalizada} = \frac{\sigma_0}{F_m} \quad (4)$$

A partir de las Ecs. (2)–(4), se procedió al cálculo de la relación de esfuerzo cortante (τ) correspondiente a cada estado límite (fisuración, fluencia, máximo y último), empleando la Ec. (5).

$$\tau_{cr,y,m,u} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{P_t \cdot \sigma_y}{F_m} \right)^{0.7} + \beta_2 \cdot \frac{P_{we} \cdot \sigma_{wy}}{F_m} + \beta_3 \cdot \frac{\sigma_0}{F_m} \quad (5)$$

Por último, Los coeficientes adoptados para cada estado límite, así como las derivas correspondientes se tomaron de la Tabla 2 y la Tabla 3, que presenta los resultados de una regresión multivariable realizada con base en ensayos experimentales [13].

Tabla 2. Derivas representativas ($\times 10^{-3}$)

Tipo de ladrillo	cr	y	m	u
Industrial	0.6	1.9	7.6	11.7
Artesanal	0.4	1.3	3.5	8.0
Tubular	0.4	0.6	1.9	3.7

Fuente: Diaz et al. [13]

En el presente estudio se adoptan unidades de albañilería industrial, debido a su mayor uniformidad y control de calidad, así como a su uso predominante en edificaciones de albañilería confinada diseñadas conforme a la normativa vigente en el distrito de San Martín de Porres. Asimismo, los parámetros empleados en la Tabla 2 y la Tabla 3 corresponden a valores reportados para este tipo de unidades [2,13].

Tabla 3. Coeficientes adoptados para estados límites

Coeficiente	cr	y	m	u
β_0	0.0	0.0	0.0	0.0
β_1	0.0	0.0	0.1	0.2
β_2	0.2	0.4	0.4	0.1
β_3	0.2	0.2	0.3	0.5

Fuente: Diaz et al. [13]

2.5. Análisis estático no lineal

El análisis estático no lineal, o análisis Pushover, es un procedimiento mediante el cual se aplica a la estructura un patrón de cargas laterales que se incrementa progresivamente, manteniendo la misma distribución inicial mientras se aumenta su magnitud. Este proceso permite que los elementos estructurales evolucionen desde un comportamiento elástico hasta alcanzar su capacidad última, generándose deformaciones plásticas localizadas que reducen la rigidez y resistencia de la estructura. El análisis continúa hasta que la edificación alcanza un punto de colapso global, pérdida de estabilidad o un nivel de desempeño previamente definido, obteniéndose así la curva de capacidad que representa la relación entre fuerza cortante y desplazamiento global. El análisis pushover se dio por concluido cuando la estructura presentó una pérdida significativa de rigidez y resistencia global o cuando el modelo no alcanzó convergencia numérica. En este estudio, el colapso se define operativamente como la incapacidad del sistema estructural para seguir resistiendo incrementos de demanda lateral, y no como el colapso total de la edificación [14].

2.6. Espectro de capacidad

La curva de capacidad se transforma en un espectro de capacidad, donde la fuerza cortante en la base (V) se convierte en aceleración espectral (S_a) el desplazamiento en el último nivel (Δ_{roof}) se traduce en desplazamiento espectral (S_d). Esta conversión se realiza utilizando las propiedades dinámicas de la estructura, a partir de las Ecs. (6) y (7).

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \cdot \phi_{roof,1}} \quad (6)$$

$$S_a = \frac{V}{W \cdot \alpha_1} \quad (7)$$

Empleando el coeficiente de masa modal del primer modo (α_1), el factor de participación modal del primer modo (PF_1), el coeficiente de forma modal en el nivel i para el primer modo ($\phi_{i,1}$) el peso de la edificación para el nivel i (W_i) [14], se determina el espectro de capacidad a partir de las Ecs. (8) y (9).

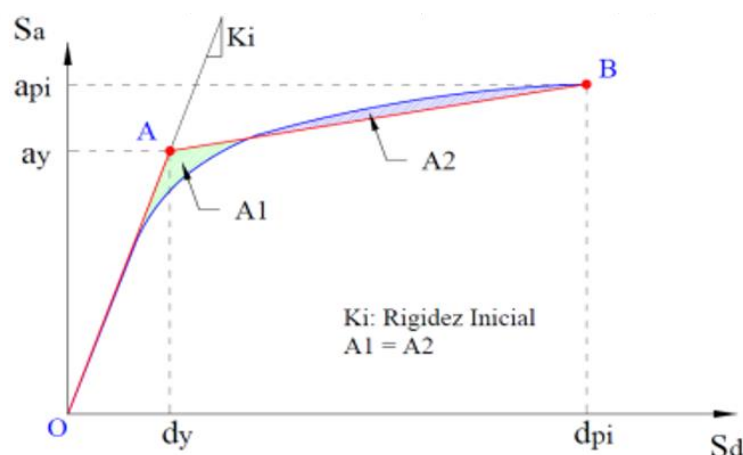
$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N \frac{(w_i \cdot \phi_{i1})}{g}}{\sum_{i=1}^N \frac{(w_i \cdot \phi_{i1}^2)}{g}} \right] \quad (8)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{(w_i \cdot \phi_{i1})^2}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{(w_i)}{g} \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^N \frac{(w_i \cdot \phi_{i1}^2)}{g} \right]} \quad (9)$$

2.7. Curva bilineal

El análisis estático no lineal, o pushover, permite obtener la curva de capacidad de la estructura, la cual representa la relación entre la fuerza cortante en la base y el desplazamiento de control en la parte superior. A partir de esta curva real, se realiza un proceso de idealización mediante una curva bilineal equivalente, con el objetivo de simplificar el comportamiento no lineal de la estructura y facilitar la evaluación del desempeño sísmico. La bilinealización, realizada mediante el método de igualdad de áreas, conserva la equivalencia energética y permite identificar parámetros clave como la rigidez inicial, la resistencia máxima y la ductilidad efectiva, necesarios para la construcción del espectro de capacidad y la posterior identificación de los puntos de desempeño estructural [14].

Figura 2. Representación de la curva bilineal



Fuente: Applied Technology Council [14]

2.8. Niveles sísmicos

El documento VISION 2000 [18] define cuatro niveles de sismo en función de su recurrencia e intensidad: frecuente (FE), ocasional (OE), raro (DE) y muy raro (ME). Estos niveles se relacionan mediante factores de escala respecto al sismo de diseño, por ejemplo: $FE = 0.33 \times DE$, $OE = 0.5 \times DE$ y $ME = 1.5 \times DE$ [3]. Por lo general, el sismo de diseño se asocia al espectro de demanda elástica que establecen la mayoría de los códigos sismorresistentes. La compatibilidad entre los niveles sísmicos considerados (frecuente, ocasional y de diseño) y el espectro normativo utilizado se fundamenta en la filosofía de desempeño estructural, en la cual un espectro de referencia puede ser escalado para representar diferentes intensidades sísmicas. En este estudio, el espectro definido por la Norma E.030 se adoptó como espectro base, siendo ajustado mediante factores de escala coherentes con los niveles de demanda sísmica establecidos por la metodología VISION 2000, permitiendo así evaluar de manera consistente el desempeño estructural frente a distintos escenarios sísmicos. El espectro de demanda sísmica se determina calculando el desplazamiento espectral (S_d) en función de la aceleración espectral (S_a) del periodo de vibración (T), a partir de la Ec. (10).

$$S_d = \frac{1}{4 \cdot \pi^2} \cdot S_a \cdot T^2 \quad (10)$$

2.9. Punto de desempeño

El punto de desempeño se determina utilizando el método A propuesto por el ATC-40. Este enfoque consiste en graficar tanto el espectro de capacidad como el espectro de demanda en coordenadas de desplazamiento-espectro (S_d) versus aceleración-espectro (S_a), considerando diferentes niveles de amortiguamiento [14].

A partir del espectro de capacidad de la estructura, se calcula la rigidez efectiva inicial (K_i) y se define el punto de fluencia. Luego, para distintos valores de desplazamiento, se ajusta el espectro de demanda considerando un amortiguamiento equivalente (β_0) dependiente de la ductilidad asociada al punto analizado para poder calcular el amortiguamiento efectivo (β_{eff}) el cual requiere de un factor de modificación de amortiguamiento (k). Para realizar este ajuste, se emplea un factor de reducción por amortiguamiento (SR_A), el cual permite modificar el espectro de demanda elástico de 5 % de amortiguamiento hacia un espectro reducido que represente el nivel de disipación de energía del sistema. Finalmente, el punto de desempeño se identifica como la intersección entre el espectro de capacidad y el espectro de demanda ajustado para el nivel de amortiguamiento correspondiente. Para el cálculo del punto de desempeño se utilizan las Ecs. (11)-(14). En aquellos casos en los que no se obtuvo una intersección entre el espectro de capacidad y el espectro de demanda, el desempeño estructural se clasificó de manera objetiva comparando el desplazamiento espectral máximo alcanzado por la estructura con los límites de desplazamiento asociados a los niveles de desempeño definidos por la metodología VISION 2000. De este modo, el nivel de desempeño se asignó según el intervalo en el que se ubicó dicho desplazamiento máximo [14].

$$k = 1.13 - \frac{0.51(a_y \cdot d_{pi} - d_y \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}} \quad (11)$$

$$\beta_0 = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{(a_y \cdot d_{pi} - d_y \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}} \quad (12)$$

$$\beta_{eff} = k \cdot \beta_0 + 0.05 \quad (13)$$

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \cdot \ln(\beta_{eff})}{2.12} \quad (14)$$

A partir de los puntos de desempeño determinados mediante el método A del ATC-40, el desempeño estructural fue clasificado empleando las matrices de desempeño propuestas por la metodología VISION 2000. Para ello, cada punto de desempeño fue ubicado en función de su desplazamiento espectral y comparado con los límites correspondientes a los estados de daño DS1 a DS5, los cuales representan niveles crecientes de daño estructural. Este criterio permitió asignar de manera objetiva el nivel de desempeño para cada escenario sísmico analizado.

2.10. Limitaciones del estudio

Los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran condicionados por las hipótesis y alcances propios del análisis estático no lineal y de la metodología ATC-40 empleada. El análisis pushover considera una distribución lateral de cargas idealizada y no representa de manera explícita los efectos dinámicos ni la variabilidad temporal del movimiento sísmico. Asimismo, el comportamiento no lineal de los muros de albañilería confinada se modela mediante curvas fuerza-desplazamiento simplificadas, las cuales no capturan fenómenos locales de falla ni efectos tridimensionales complejos.

Adicionalmente, la clasificación del desempeño estructural se realiza en función de puntos de desempeño globales, por lo que los resultados deben interpretarse como una evaluación a nivel estructural y no como una predicción detallada del daño local en elementos individuales. En consecuencia, los resultados son válidos dentro del marco comparativo y metodológico adoptado, y no deben extrapolarse directamente a edificaciones con configuraciones, materiales o condiciones distintas a las analizadas.

3. Selección de Viviendas de Albañilería Confinada a Evaluar

La selección de tipologías estructurales representativas se centró en viviendas de albañilería confinada de 2 y 3 niveles, al tratarse del rango de pisos con mayor frecuencia en el distrito de San Martín de Porres [15]. Se contemplaron dos condiciones de emplazamiento: viviendas céntricas y viviendas esquineras, dada la diferencia en su configuración estructural y comportamiento sísmico. La selección se basó en parámetros técnicos como la cantidad de vanos y longitud total en los ejes X y Y, utilizando la moda como criterio estadístico sobre una muestra de 40 viviendas unifamiliares de albañilería confinada en el distrito de San Martín de Porres. Los valores modales identificados fueron: 3 vanos en el eje X y 7 en el eje Y, y longitud total de cada eje de 6.5 m y 19.2 m, respectivamente. En función de estos resultados, se seleccionaron cuatro tipologías: una vivienda céntrica de 2 pisos (C2), con 3 vanos en el eje X y 7 en el eje Y, y longitud total de cada eje de 6.5 m y 19.2 m, respectivamente; una céntrica de 3 pisos (C3), con 3 vanos en el eje X y 8 en el eje Y, y longitud total de cada eje de 6.0 m y 22.0 m, respectivamente; una esquinera de 2 pisos (E2), con 4 vanos en el eje X y 7 en el eje Y, y longitud total de cada eje de 8.0 m y 20.0 m, respectivamente; y una esquinera de 3 pisos (E3), con 4 vanos en el eje X y 8 en el eje Y, y longitud total de cada eje de 8.0 m y 20.0 m, respectivamente. La elección de estas tipologías permite analizar el comportamiento sísmico diferenciado de cada una frente a distintos niveles de demanda, con el objetivo de verificar si las estructuras diseñadas conforme a la normativa vigente cumplen con los criterios de desempeño estructural establecidos según las 4 diferentes tipologías de albañilería confinada a analizar en este estudio.

4. Diseño y Análisis de Estructuras Según Normativa Vigente

4.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

El predimensionamiento se basó en los criterios de Blanco [16] y las Normas Técnicas Peruanas E.060 [11] y E.070 [2]. Los elementos estructurales se dimensionaron según su función y ubicación, cumpliendo las exigencias normativas de resistencia, estabilidad y confinamiento para un adecuado comportamiento sísmico.

4.2. Densidad de muros

Según la Norma Técnica E.070 [2], las edificaciones deben cumplir con una densidad mínima de muros portantes en ambas direcciones principales, la cual se evalúa a partir de la Ec. (15).

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} \quad (15)$$

En esta Ec. (15), "L" es la longitud total de muros en metros, "t" el espesor efectivo, "A_p" el área de la planta típica en metros cuadrados, "Z" el factor de zona sísmica (Lima es Zona 4, 0.45), "U" el factor de uso (Vivienda, 1), "S" el factor de suelo (suelo S2, 1.05) y "N" el número total de pisos (3 o 2, según la vivienda analizada). En caso de no cumplirse esta condición, la normativa sugiere medidas correctivas como aumentar el número de muros, incrementar su espesor o incorporar placas de concreto armado. En el caso de viviendas de albañilería confinada, una solución eficiente consiste en emplear muros con aparejo tipo "cabeza" (0.25 m), aplicándolos selectivamente. Según la Tabla 4, los resultados del análisis estructural, a partir de la Ec. (15), indicaron que todas las viviendas evaluadas cumplen con la densidad mínima exigida en ambas direcciones, conforme a los parámetros establecidos por las Normas E.070 y E.030 [1,2].

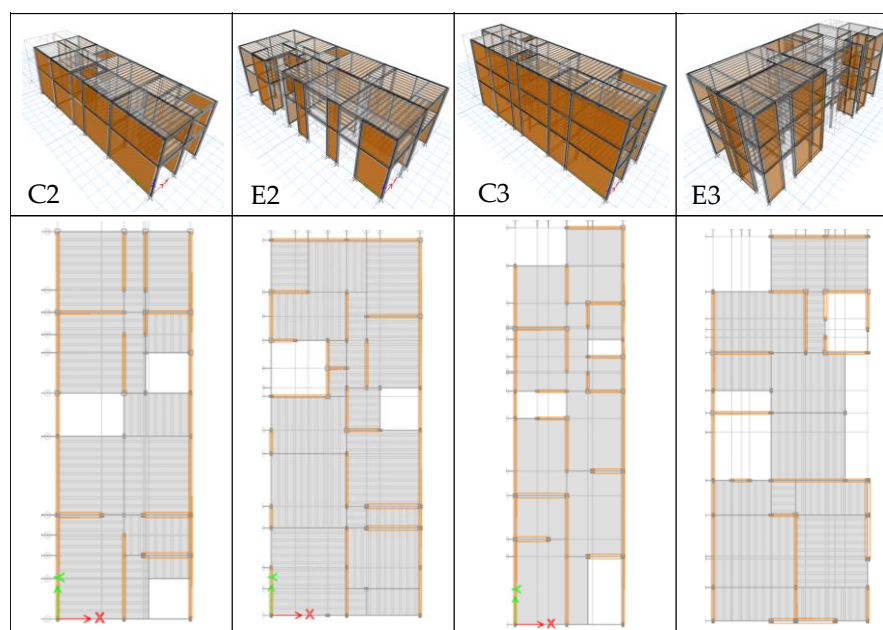
Tabla 4. Densidad de muros según cada edificación

Parámetro	Signo	C2		E2		C3		E3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
$\frac{\sum L \cdot t}{A_p}$		0.0244	0.0716	0.0317	0.0480	0.0398	0.0776	0.0371	0.0429
Número total de pisos	N	2	2	2	2	3	3	3	3
$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$		0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253

4.3. Modelado de las viviendas

El análisis estructural de las viviendas según la normativa vigente peruana se desarrolló mediante un modelado de las viviendas en el software ETABS. Se consideraron cuatro edificaciones de albañilería confinada, con una altura de 2.75 m para niveles superiores al primero y una altura de 3.85 m para el primer nivel (considerando la cimentación). Los materiales asignados fueron concreto con $f'_c = 17.20$ MPa (175 kg/cm²), albañilería con $f'_m = 6.38$ MPa (65 kg/cm²) y acero de refuerzo con $f_y = 412.00$ MPa (4200 kg/cm²). Los elementos estructurales fueron modelados con las dimensiones previamente determinadas, aplicándose restricciones en la base mediante apoyos articulados que limitan los desplazamientos en las direcciones X, Y y Z, pero permitiendo la libertad de rotación. Asimismo, se definió un diafragma por cada nivel de las estructuras mediante el comando "Joint", asegurando un comportamiento conjunto del entrepiso frente a la acción sísmica. La masa por nivel se concentró a nivel de cada entrepiso y fue obtenida a partir del comando "Mass Summary by Story", el cual permite determinar la masa total por nivel a partir de las cargas gravitacionales consideradas, dato el cual es utilizado posteriormente para el obtener el desempeño sísmico mediante el software STERA 3D. El modelo de cada edificación y la distribución de muros en planta típica se observan en la Figura 3.

Figura 3. Edificaciones modeladas



4.4. Metrados y asignación de cargas según Norma E.020

El metrado de cargas gravitacionales se realizó conforme a la Norma E.020 [10]. Se consideraron los pesos volumétricos de los materiales empleados: unidades de albañilería sólidas 17.66 kN/m³ (1.8 ton/m³), huecas

13.73 kN/m³ (1.4 ton/m³) y concreto armado 23.54 kN/m³ (2.4 ton/m³). Las cargas muertas por metro cuadrado en las losas incluyen el peso del ladrillo de techo 0.69 kN/m² (70.2 kg/m²) y acabados 0.98 kN/m² (100 kg/m²). Las cargas vivas, determinadas por el uso residencial, fueron de 1.96 kN/m² (200 kg/m²) para áreas habitables y circulaciones, y 0.98 kN/m² (100 kg/m²) para azoteas. Adicionalmente, se consideraron cargas lineales por elementos no estructurales como alféizares 1.24 kN/m (126 kg/m) y parapetos 2.47 kN/m (252 kg/m), calculadas según su peso volumétrico y dimensiones. Estas se aplicaron como cargas distribuidas en vigas y bordes de azotea, representando los parapetos y alféizares como elementos de cerramiento perimetral en pisos superiores, con el fin de eliminar zonas abiertas en los bordes y no exponer a los ocupantes de la edificación a riesgos de caída.

4.5. Análisis estático y análisis dinámico

El análisis sísmico de edificaciones debe cumplir con los lineamientos de la Norma E.030 [1], la cual establece criterios mínimos para garantizar un desempeño estructural adecuado frente a movimientos sísmicos, considerando resistencia, rigidez, ductilidad y desplazamientos máximos permitidos. Para el análisis estático, se aplica la Ec. (16) correspondiente a la fuerza sísmica basal y también se presentan los valores de los parámetros utilizados para el análisis estructural de las 4 viviendas según la normativa en la Tabla 5.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (16)$$

Tabla 5. Parámetros utilizados para el análisis de las 4 viviendas

Parámetros utilizados					
Z	0.45	C	2.5	I_a	1
U	1	S	1.05	I_p	1
T_p	0.6	T_l	2	R_o	3

Con respecto al análisis dinámico, según la Norma E.030 [1], este proporciona resultados más precisos que el análisis estático y puede aplicarse a cualquier tipo de estructura sin restricciones. Cabe señalar que las cuatro edificaciones evaluadas cumplen con las condiciones normativas para emplear el análisis estático equivalente, ya que son regulares y no superan los 15 metros de altura. No obstante, se recomienda preferentemente el uso del análisis dinámico, por reflejar con mayor realismo el comportamiento estructural durante un sismo en comparación con el análisis estático. En este tipo de análisis, la cortante basal suele resultar menor que la obtenida mediante el análisis estático equivalente, debido a una mejor representación de la distribución modal de masas y rigideces, así como a la redistribución de la demanda sísmica entre los distintos modos de vibración. Dicho análisis se inicia con la definición del espectro de respuesta elástica de diseño, conforme a lo indicado en la normativa. Posteriormente, se desarrolla el análisis estructural, el cual permite determinar las fuerzas cortantes estáticas y dinámicas en cada edificación, según sus ejes principales, obteniéndose los resultados para cada vivienda que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Fuerzas cortantes estáticas y dinámicas según el eje de cada edificación

Vivienda	Dirección	Vest (kN)	Vdin (kN)
C2	X	859.53 (87.62)	790.59 (80.59)
	Y	859.53 (87.62)	824.67 (84.07)
C3	X	1441.07 (147.00)	1189.46 (121.25)
	Y	1441.07 (147.00)	1329.61 (135.54)
E2	X	986.00 (100.51)	669.53 (68.25)
	Y	986.00 (100.51)	698.28 (71.18)
E3	X	988.46 (100.76)	933.01 (95.21)
	Y	988.46 (100.76)	958.05 (97.70)

Nota: valores en kN; entre paréntesis se indica el valor equivalente en tonf.

Según resultados de la Tabla 6, en la vivienda E2, la diferencia entre los resultados del análisis estático y dinámico se asocia a la presencia de efectos torsionales en ambos ejes. En particular, los coeficientes de torsión alcanzan valores máximos de 1.60 en la dirección X y 1.23 en la dirección Y como se indica en la Tabla 7, superiores a los observados en las demás edificaciones, lo que genera una redistribución de esfuerzos hacia momentos torsionales y, en consecuencia, una reducción del cortante basal obtenido mediante el análisis dinámico. No obstante, de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 [1], estos efectos no configuran una irregularidad torsional significativa, ya que las derivas máximas obtenidas no superan el 50 % del desplazamiento permisible. Por lo tanto, la edificación se clasifica como regular en planta desde el punto de vista normativo, aunque los efectos torsionales sí influyen en las diferencias observadas entre los resultados del análisis estático y dinámico de la vivienda E2. El sustento teórico y los criterios normativos de la evaluación de las irregularidades se desarrollan en la Sección 4.6.

4.6. Verificación de los requisitos de la normativa vigente peruana

En todas las edificaciones analizadas se verificó el cumplimiento de los criterios establecidos por la Norma E.030 [1] respecto a la deriva de entrepiso, torsión en planta, piso blando y piso débil. La deriva de entrepiso se evaluó como el cociente entre el desplazamiento relativo de niveles consecutivos y la altura de entrepiso (Δ/h), parámetro que permite controlar el nivel de daño estructural, obteniéndose valores menores al límite permisible de 0.005 en ambas direcciones, por lo que se considera que las edificaciones cumplen con la normativa vigente. La torsión en planta se analizó mediante el cociente entre la deriva máxima y la deriva promedio en cada nivel; si bien algunos ratios de torsión superaron el valor de 1.3 en la dirección X, estos no se consideran significativos, ya que las derivas máximas no superan el 50 % del límite permitido, condición bajo la cual la norma define la presencia de irregularidad torsional. La irregularidad de rigidez (piso blando) ocurre cuando la rigidez lateral de un entrepiso es menor al 70 % de la rigidez del entrepiso inmediato superior o menor al 80 % del promedio de rigidez de los tres niveles superiores; en el presente estudio, la rigidez lateral, definida como la razón entre la fuerza cortante del piso y su desplazamiento relativo, supera dichos límites en todos los niveles analizados. Asimismo, la irregularidad de resistencia (piso débil) se presenta cuando la resistencia a cortante de un entrepiso es inferior al 80 % de la resistencia del piso inmediato superior, condición que no se cumple en ninguna de las edificaciones evaluadas. En consecuencia, se confirma la regularidad estructural en altura y en planta de todas las viviendas analizadas, de acuerdo con la información presentada en la Tabla 7.

Tabla 7. Verificación de los requisitos de la normativa vigente peruana para cada vivienda

Vivienda	Nivel	Derivas		Torsión		Piso Blando		Piso débil	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
C2	2	0.0008	0.0002	1.059	1.025	No Aplica		No Aplica	
	1	0.0011	0.0002	1.260	1.024	Regular		Regular	
C3	3	0.0014	0.0002	1.297	1.024	No Aplica		No Aplica	
	2	0.0017	0.0003	1.318	1.021	Regular		Regular	
	1	0.0013	0.0003	1.326	1.025	Regular		Regular	
E2	2	0.0012	0.0003	1.608	1.232	No Aplica		No Aplica	
	1	0.0011	0.0003	1.585	1.127	Regular		Regular	
E3	3	0.0016	0.0004	1.462	1.177	No Aplica		No Aplica	
	2	0.0017	0.0004	1.450	1.100	Regular		Regular	
	1	0.0012	0.0004	1.420	1.075	Regular		Regular	

4.7. Diseño y verificación del acero de refuerzo de los elementos estructurales

En las cuatro edificaciones evaluadas, se cumplieron satisfactoriamente todas las verificaciones normativas establecidas por la Norma E.070 [2] para muros de albañilería confinada. Se comprobó el adecuado comportamiento estructural frente a cargas de gravedad, fisuración por sismo moderado y resistencia al corte ante sismo severo, tanto a nivel global como por muro individual. Asimismo, el acero de refuerzo de los elementos estructurales fue diseñados correctamente, asegurando así un diseño estructural adecuado. La información recopilada representa un componente clave dentro de los parámetros de entrada requeridos por el software de modelación estructural STERA 3D para la evaluación del desempeño sísmico.

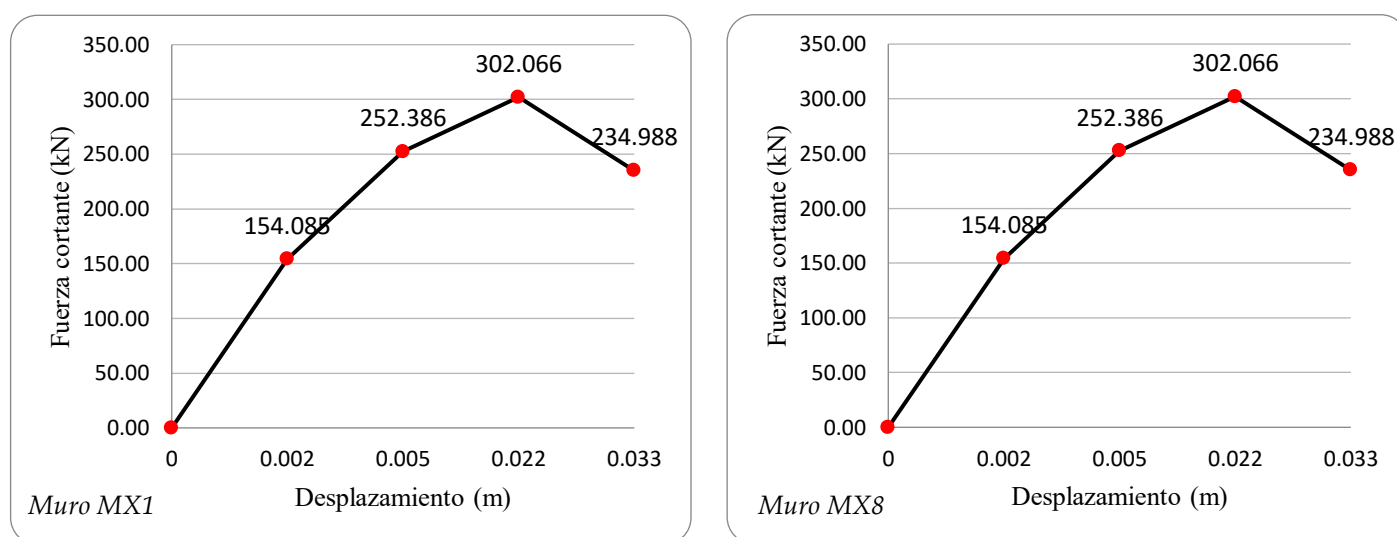
5. Evaluación del Desempeño Sísmico

5.1. Modelado estructural

Para el análisis estático no lineal de la estructura de albañilería confinada, se modeló cada muro portante como un elemento estructural independiente. En lugar de asignar articulaciones plásticas específicas, el comportamiento inelástico de los muros fue representado mediante la definición de curvas fuerza cortante versus desplazamiento horizontal (V-D) para cada muro, las cuales permiten simular el daño progresivo bajo cargas laterales crecientes. Estas curvas definen la capacidad no lineal de cada elemento ante sollicitaciones sísmicas, permitiendo identificar el punto de cedencia, el comportamiento post-elástico y el posible colapso del muro. El modelo estructural desarrollado refleja el sistema real de muros de albañilería confinada, y se utilizó como base para la aplicación del análisis Pushover. El cálculo se realizó para ambos espesores de muro, en este caso el muro MX1 que representa la codificación de un muro de 0.15m de espesor y el MX8 de 0.25m, ambos casos para el eje X, según lo mencionado en el ítem 2.4, se muestran los datos de dichos muros en la tabla 8. Asimismo, la curva V-D para los muros MX1 y MX8 en representación de los elementos predominantes (muros de albañilería confinada) se muestra en la figura 4.

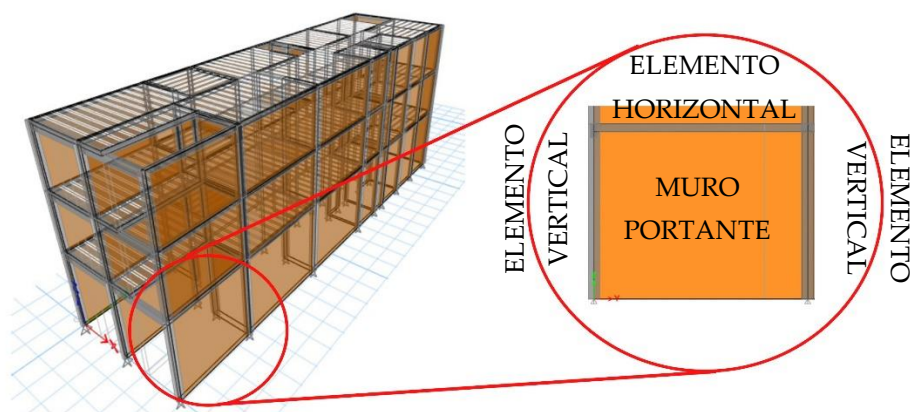
Tabla 8. Parámetros y fuerzas cortantes para cada estado límite en el muro MX1 de la C3

Parámetro	Unidad	Valor (MX1)	Valor (MX8)	Parámetro	Unidad	Valor (MX1)	Valor (MX8)
h	m	2.750	2.750	Fm	-	65.000	65.000
L	m	6.000	1.850	$Pt \cdot \sigma_y / Fm$	-	0.053	0.127
l	m	5.400	1.670	$Pwe \cdot \sigma_{wy} / Fm$	-	0.099	0.150
t	m	0.150	0.250	σ_0 / Fm	-	0.010	0.009
at	m ²	0.0007	0.0008	τ_{cr} / Fm	-	0.027	0.039
Pt	-	0.0008	0.0019	τ_y / Fm	-	0.044	0.065
sep	m	0.250	0.250	τ_m / Fm	-	0.053	0.080
aw	m ²	0.00006	0.00014	τ_u / Fm	-	0.041	0.068
Pwe	-	0.002	0.002	Vcr	kN	154.085	115.614
σ_y	Mpa	419.725	419.725	Vy	kN	252.386	192.508
σ_{wy}	Mpa	419.725	419.725	Vm	kN	302.066	235.619
σ_0	Mpa	0.061	0.056	Vu	kN	234.988	200.419

Figura 4. Gráfica Fuerza cortante vs desplazamiento del muro MX1 y MX8 de la vivienda C3

La Tabla 8 y la Figura 4 presentan los parámetros geométricos, mecánicos y las fuerzas cortantes asociadas a los distintos estados límite, así como las curvas fuerza cortante–desplazamiento (V–D) de los muros MX1 y MX8 de la vivienda C3, representativos de espesores de 0.15 m y 0.25 m, respectivamente. Estas curvas permiten identificar la evolución del comportamiento no lineal de los muros, incluyendo el agrietamiento, la fluencia, la resistencia máxima y la pérdida de capacidad post–pico, constituyendo la base para la definición de la curva de capacidad de la estructura y la posterior evaluación del desempeño sísmico.

Figura 5. Modelado estructural de las viviendas

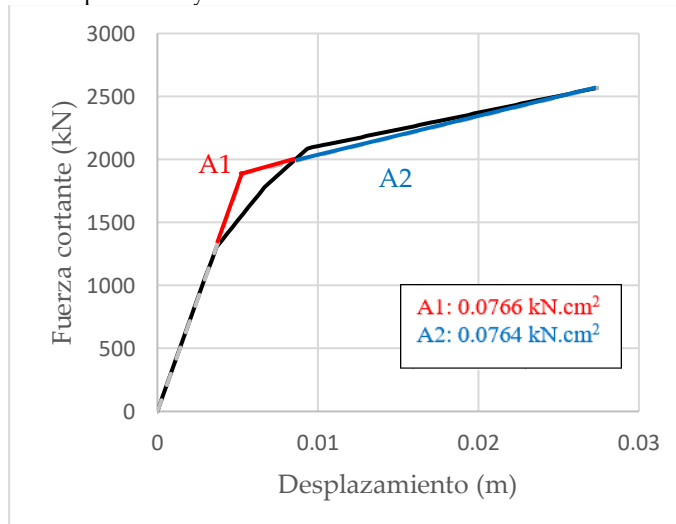


5.2. Análisis estático no lineal

El análisis estático no lineal (Pushover) se realizó en ambas direcciones principales (X e Y) para los modelos estructurales, utilizando el software STERA 3D, de acuerdo con la metodología descrita en los ítems 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9.

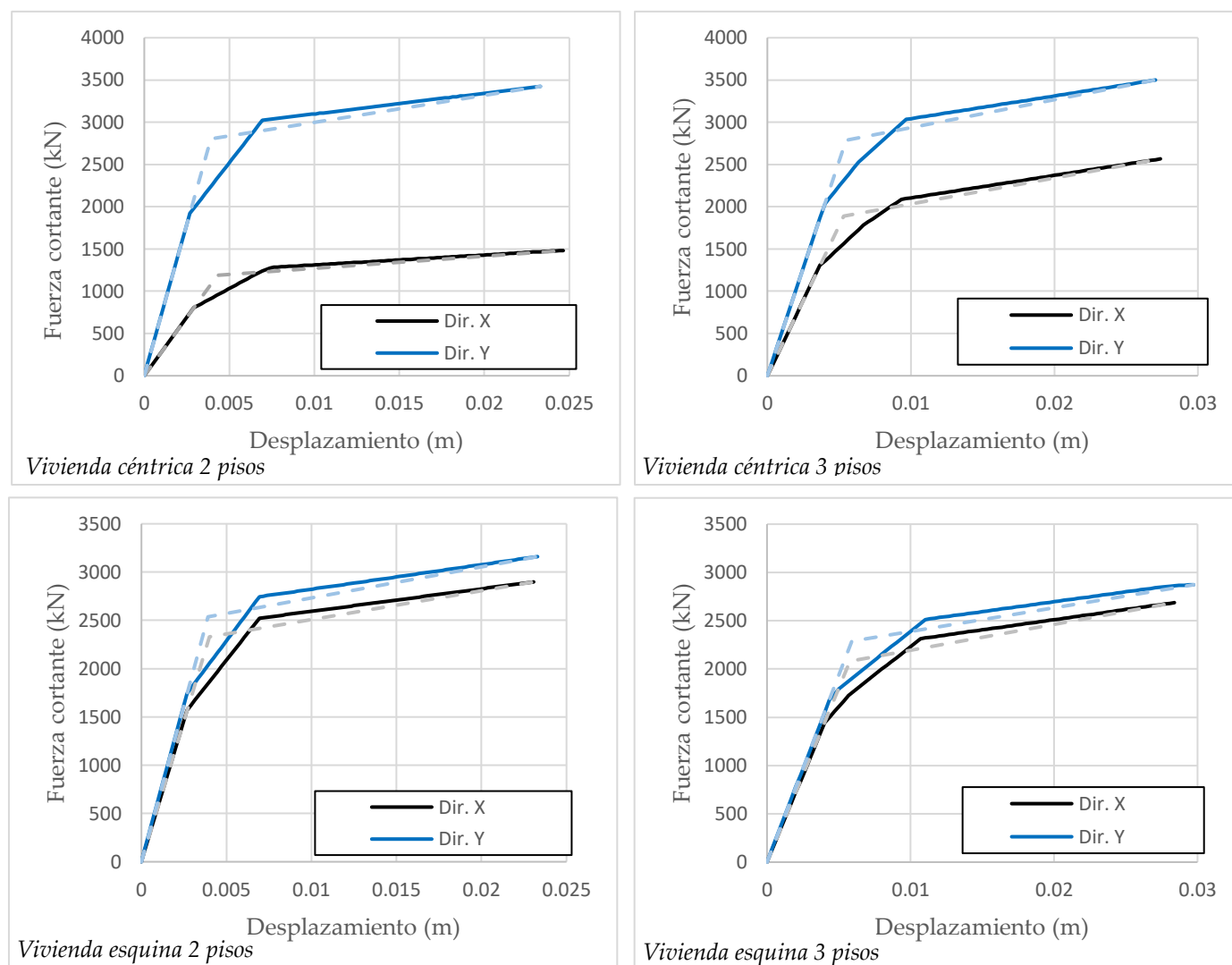
En primer lugar, se procede a obtener la curva bilineal representativa del comportamiento no lineal de la estructura. Para ello, se parte de la curva de capacidad obtenida mediante el análisis pushover y se aplica el método de igualdad de áreas para determinar los parámetros clave: rigidez inicial, punto de fluencia y resistencia máxima. En la figura 6 se muestra la igualdad de áreas ($A1 \approx A2$) en función al método del ATC-40 [14].

Figura 6. Cumplimiento y obtención de la curva bilineal de la vivienda C3 eje X



Una vez obtenidas las curvas bilineales mediante el método del equilibrio de áreas, se procedió a superponerlas sobre las curvas de capacidad originales para cada eje analizado. Esta comparación permite visualizar de manera clara la simplificación bilineal aplicada a la respuesta no lineal de la estructura. En la Figura 7 se presenta la superposición de las curvas bilineales obtenidas sobre las curvas de capacidad originales, lo cual permite visualizar la simplificación aplicada a la respuesta no lineal de la estructura.

Figura 7. Curvas de capacidad y sus aproximaciones bilineales en los ejes X e Y de las viviendas

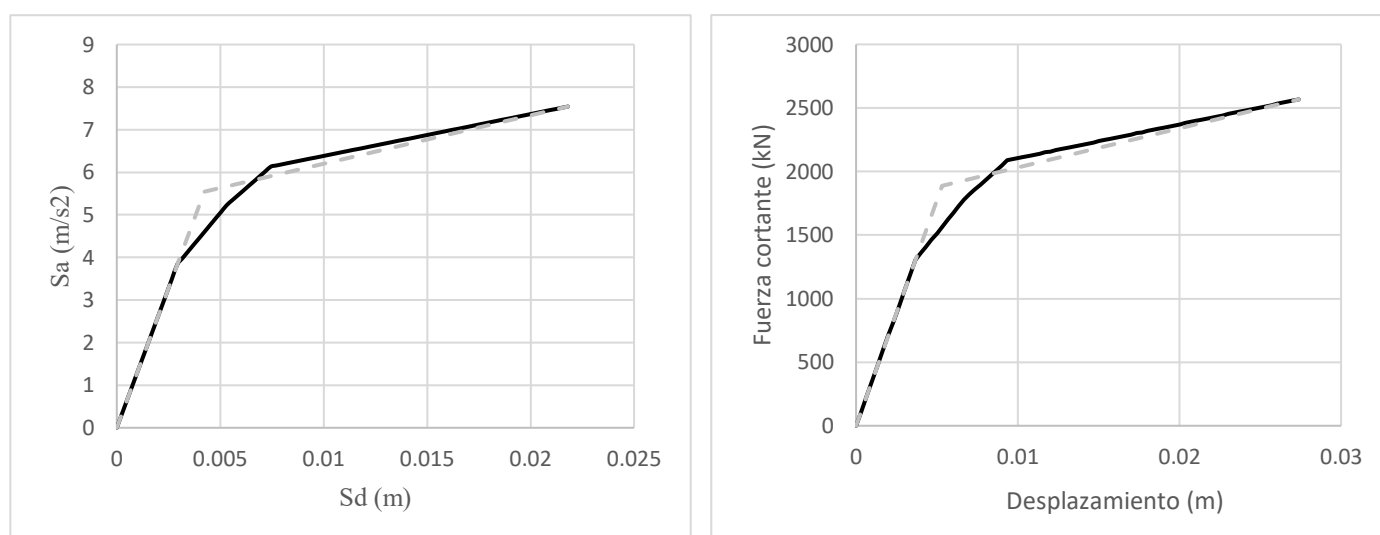


La Figura 7 muestra las curvas de capacidad originales y sus respectivas aproximaciones bilineales para los ejes X e Y de las edificaciones analizadas. La superposición de ambas curvas permite verificar la representatividad de la idealización bilineal obtenida mediante el método del equilibrio de áreas, la cual es empleada posteriormente en la transformación al espectro de capacidad y en la evaluación del desempeño sísmico.

A partir de la aplicación de las Ecs. (6)–(9), se obtienen las curvas del espectro de capacidad correspondientes a las edificaciones analizadas. Como ejemplo ilustrativo, en la Tabla 9 y la Figura 8 se presenta el procedimiento de cálculo del espectro de capacidad para una vivienda céntrica de tres niveles en la dirección X.

Tabla 9. Propiedades dinámicas de la vivienda C3 en el eje X

Nivel	$\phi_{i/1}$	W_i (kN)	$W_i \cdot \phi_{i/1}$ (kN)	$W_i \cdot \phi_{i/1}^2$ (kN)
3	1.25589	970.5	1218.82817	1530.71411
2	1.02736	1271.7	1306.5036	1342.24953
1	0.57236	1420.2	812.892262	465.267015
$PF_1 =$				1.00
$a_1 =$				0.91

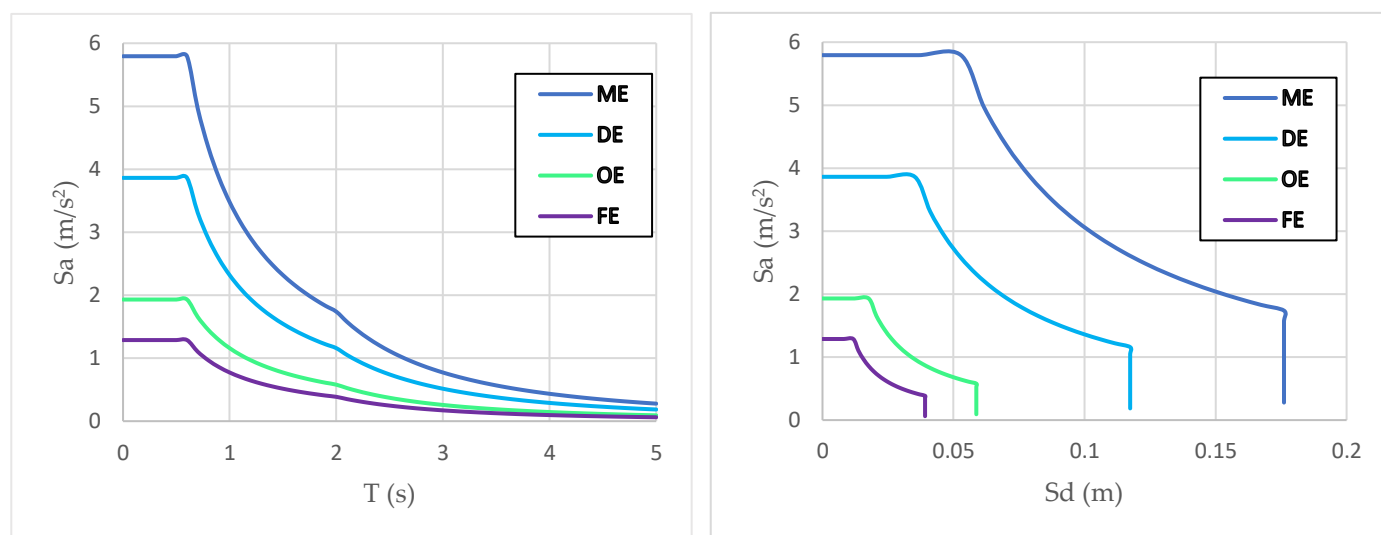
Figura 8. Curva y espectro de capacidad de la vivienda C3 en el eje X

La Figura 8 presenta la transformación de la curva de capacidad de la vivienda C3 en el eje X al formato espectral (S_a - S_d), a partir de las propiedades dinámicas calculadas. Esta representación permite la comparación directa con los espectros de demanda sísmica y constituye la base para la determinación del punto de desempeño mediante el procedimiento iterativo del ATC-40.

5.3. Demanda sísmica

La evaluación del desempeño estructural se realizó considerando cuatro niveles de movimiento sísmico, tal como se detalla en el ítem 2.3. La demanda sísmica asociada al sismo de diseño se determinó empleando los parámetros establecidos por la norma E.030, los cuales se encuentran en la tabla 5 [1].

Figura 9. Espectro de demanda para los niveles sísmicos



La Figura 9 muestra los espectros de demanda sísmica correspondientes a los distintos niveles de movimiento considerados (FE, OE, DE y ME), definidos a partir de la Norma E.030. Estos espectros se emplean en la intersección con el espectro de capacidad para la identificación del punto de desempeño estructural.

5.4. Punto de desempeño

El punto de desempeño de las cuatro edificaciones fue determinado para los cuatro niveles de sismo considerados, siguiendo el Método A propuesto por el ATC-40, según lo indicado en el ítem 2.9 [14].

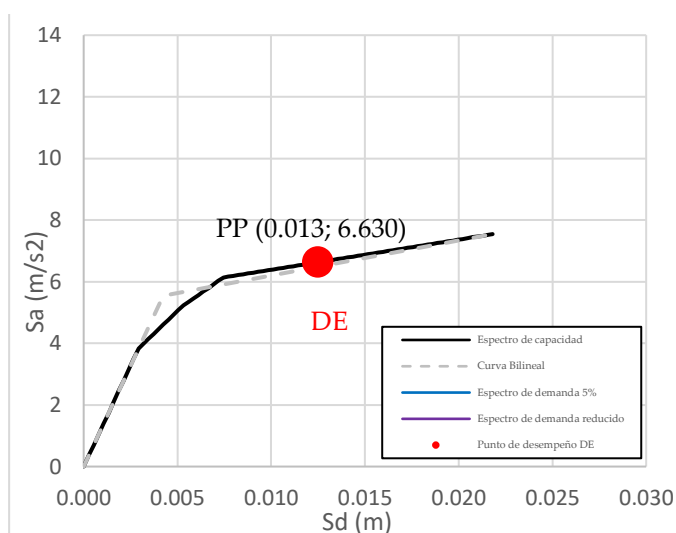
Como ejemplo representativo, en la Tabla 10 y la Figura 10 se muestra la aplicación del procedimiento para obtener el punto de desempeño en la dirección X de una estructura céntrica de tres niveles, correspondiente al sismo de diseño.

Tabla 10. Procedimiento para determinar los puntos de desempeño en vivienda C3 eje X

d_{pi} (m)	a_{pi} (m/s ²)	β_o	k	β_{eff}	SR_A	d_p (m)	a_p (m/s ²)	% Diff $d_p - d_{pi}$
0.011	6.637	0.15	0.74	0.16	0.63	0.012	7.265	9%
0.011	6.662	0.16	0.74	0.16	0.62	0.012	7.138	7%
0.011	6.691	0.16	0.73	0.17	0.61	0.012	7.022	5%
0.013	6.630	0.18	0.72	0.18	0.59	0.012	6.826	-1%
0.013	6.904	0.22	0.69	0.20	0.55	0.012	6.419	-7%
0.014	6.958	0.23	0.69	0.20	0.55	0.013	6.323	-9%
$a_{pi} =$	6.63	m/s ²		$a_p =$	6.83	m/s ²		
$d_{pi} =$	0.01	m		$d_p =$	0.01	m		

En el caso analizado, el procedimiento iterativo converge en un punto de desempeño definido por un desplazamiento espectral de prueba de $d_{pi} = 0.013$ m y una aceleración espectral de $a_{pi} = 6.630$ m/s². Tras los ajustes por amortiguamiento equivalente y el factor de reducción espectral, estos valores se refinan a un desplazamiento de desempeño $d_p = 0.012$ m y una aceleración $a_p = 6.826$ m/s², los cuales se adoptan como resultado final del análisis por contar con un porcentaje de diferencia entre el d_p y d_{pi} menor al 5% [14].

Figura 10. Cálculo del punto de desempeño para el sismo de diseño (DE) de la vivienda C3 eje X

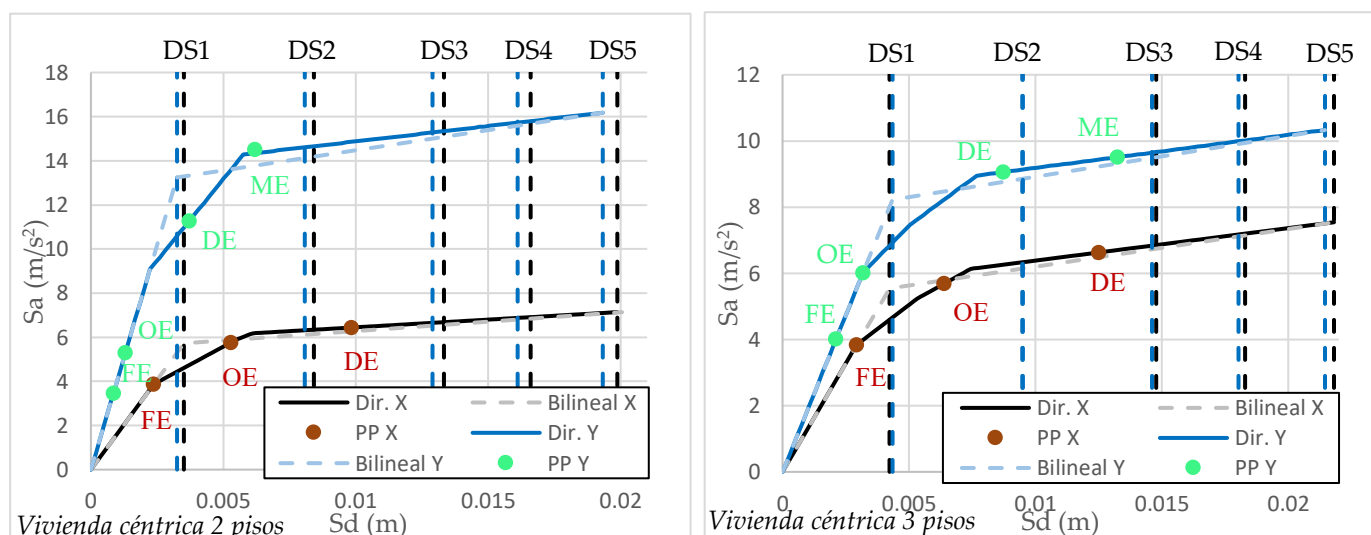


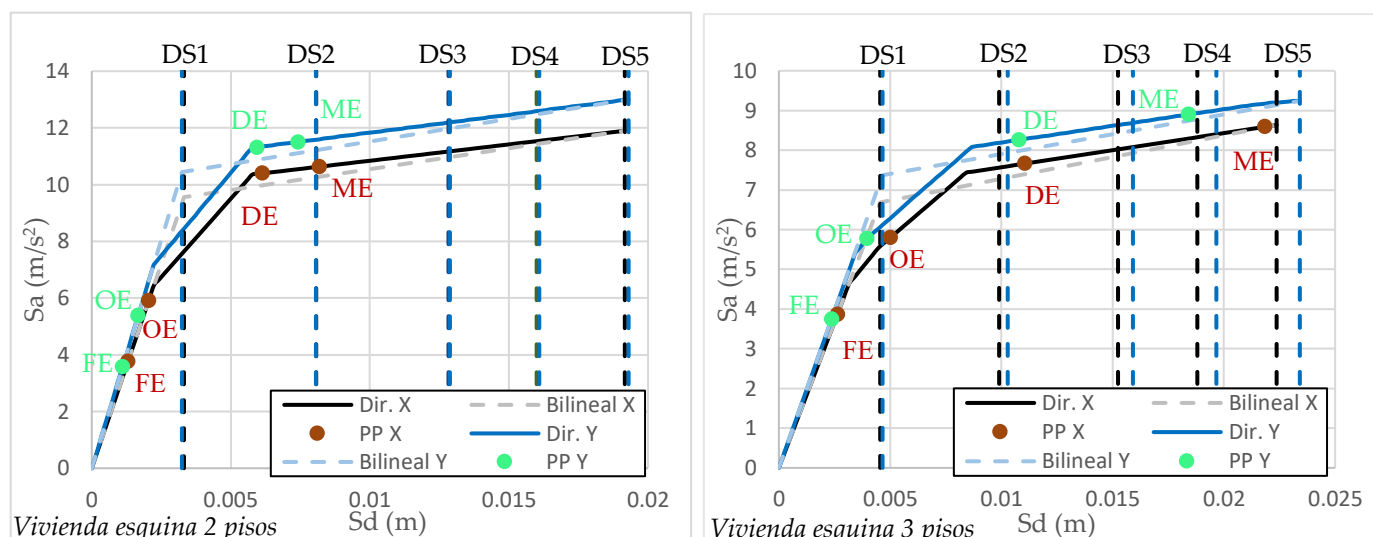
Este procedimiento se aplicó de manera análoga a todas las viviendas evaluadas, considerando para cada una sus propiedades estructurales particulares y curvas de capacidad correspondientes. Los resultados obtenidos permitieron determinar los puntos de desempeño individuales, garantizando uniformidad en la metodología y comparabilidad de los niveles de desempeño entre edificaciones.

5.5. Evaluación del desempeño sísmico

Para evaluar el desempeño estructural de las edificaciones analizadas, se ubicaron los puntos de desempeño calculados directamente sobre las curvas de capacidad correspondientes. En la Figura 11 se muestra esta representación, donde cada curva ha sido segmentada de acuerdo con los niveles de desempeño definidos por la metodología VISION 2000, tal como se detalla en el ítem 2.2 y la Figura 1. Esta sectorización permite identificar de manera clara el estado de daño alcanzado por cada vivienda frente a los distintos escenarios sísmicos considerados [12].

Figura 11. Puntos de desempeño en el eje x e y de las viviendas





La verificación del desempeño estructural de las edificaciones se realiza tomando como base los objetivos de diseño propuestos por VISION 2000, según lo descrito en el ítem 2.5 y la Tabla 1. A partir de ello, se evalúan los niveles de desempeño alcanzados con el fin de validar la conformidad del diseño [12].

En el caso de estudio analizado, las edificaciones presentan un factor de uso $U = 1$ según la norma E.030 [1], lo cual las clasifica como estructuras de importancia básica de acuerdo con VISION 2000. Bajo esta categoría, se verifica que los objetivos globales de desempeño han sido satisfechos, como se resume en las Tablas 8 y 9 [12].

Tabla 11. Matriz de desempeño para las viviendas C2 y C3

Sismo	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
FE	X-Y				
OE	Y	X			
DE		X-Y			
ME		Y			

Vivienda céntrica 2 pisos

Sismo	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
FE	X-Y				
OE	Y	X			
DE		Y	X		
ME			Y		

Vivienda céntrica 3 pisos

Tabla 12. Matriz de desempeño para las viviendas E2 y E3

Sismo	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
FE	X-Y				
OE	X-Y				
DE		X-Y			
ME		Y	X		

Vivienda esquina 2 pisos

Sismo	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
FE	X-Y				
OE		X-Y			
DE			X-Y		
ME				Y	X

Vivienda esquina 3 pisos

6. Análisis de Resultados

A partir de los resultados obtenidos de la presente investigación, veáse las tablas 11 y 12, se puede interpretar lo siguiente:

- Para el sismo frecuente (FE), todas las viviendas mantienen un nivel de desempeño operacional tanto en el eje X como en el eje Y. Esto significa que pueden seguir siendo habitadas sin interrupciones ni daños estructurales significativos, y no se evidencia ningún tipo de falla en los elementos resistentes.
- En el caso del sismo ocasional (OE), las viviendas de esquina (E2 y E3) se ubican entre los niveles operacional y funcional, mostrando un mejor desempeño en el eje Y debido a la mayor densidad de muros en esa dirección. Las viviendas céntricas (C2 y C3) alcanzan principalmente el nivel funcional, con una ligera diferencia entre direcciones: en C2 el eje X presenta un comportamiento más limitado que el eje Y. No obstante, ninguna tipología alcanza estados de daño severo.
- Para el sismo raro (DE), las viviendas de esquina (E2 y E3) alcanzan el nivel de seguridad, manteniendo estabilidad frente a la demanda lateral. En el caso de las viviendas céntricas, C2 se encuentra entre los niveles funcional y seguridad, con un desempeño más comprometido en el eje X, mientras que C3 se ubica también en el nivel de seguridad, aunque con menor margen de reserva respecto a E3. Esto confirma que las viviendas céntricas tienden a mostrar mayor fragilidad frente a demandas sísmicas intensas, especialmente en la dirección con menor densidad de muros.
- Finalmente, frente al sismo muy raro (ME) se evidencia el comportamiento más crítico. Las viviendas de esquina (E2 y E3) alcanzan el nivel de pre-colapso en el eje Y, mientras que en el eje X la vivienda E3 llega incluso a colapso, reflejando una vulnerabilidad significativa en esta dirección. En el caso de las viviendas céntricas (C2 y C3), las curvas de capacidad no logran interceptar con el espectro de demanda, lo que significa que la demanda sísmica supera la capacidad estructural disponible. Esto no implica estabilidad, sino un escenario de falla global, en el que la estructura queda expuesta a un riesgo severo de colapso bajo un evento de gran magnitud.

Asimismo, la Tabla 13 resume la relación entre la densidad de muros, el número de pisos y el nivel de amenaza sísmica con el desempeño alcanzado por tipología y eje estructural de cada vivienda analizada. Donde se observa que, para niveles bajos de amenaza sísmica, todas las tipologías presentan estados de daño reducidos (DS1), independientemente de la densidad de muros. No obstante, al incrementarse la amenaza sísmica, las diferencias de desempeño se hacen más evidentes entre ejes con distinta densidad y distribución de muros. En las viviendas de dos pisos se registran mayores casos de desempeño superior e incluso los únicos casos de desempeño sobresaliente; sin embargo, se presenta un desempeño inaceptable en C2-X frente a un sismo muy raro, pese a contar con una densidad de muros de 0.0244, lo cual se asocia a una distribución desfavorable de muros en la zona central de la planta. En contraste, E2-X, con una menor densidad (0.0480), alcanza un mejor desempeño bajo el mismo nivel de amenaza, evidenciando la influencia de la distribución de muros. Asimismo, se confirma la tendencia de que mayores densidades se asocian a mejores niveles de desempeño, particularmente en las viviendas de tres pisos, donde E3-X (0.0371) y C3-X (0.0398) alcanzan desempeños inaceptables ante un sismo muy raro, mientras que E3-Y (0.0429) mantiene desempeños esperados en todos los escenarios y C3-Y (0.0776) presenta desempeños superiores.

Tabla 13. Relación entre densidad de muros y nivel de desempeño sísmico de cada vivienda

Ítem	# de pisos	Densidad de muros	Nivel de amenaza sísmica			
			Frecuente	Ocasional	Raro	Muy Raro
E2-X	2	0.0317	DS1	DS1	DS2	DS3
C2-X		0.0244	DS1	DS2	DS2	
E2-Y		0.0480	DS1	DS1	DS2	DS2
C2-Y		0.0716	DS1	DS1	DS2	DS2
E3-X	3	0.0371	DS1	DS2	DS3	DS5
C3-X		0.0398	DS1	DS2	DS3	
E3-Y		0.0429	DS1	DS2	DS3	DS4
C3-Y		0.0776	DS1	DS1	DS2	DS3

	= Desempeño inaceptable (1 a más niveles por debajo del desempeño esperado)
	= Desempeño esperado
	= Desempeño superior (1 nivel por encima del desempeño esperado)
	= Desempeño sobresaliente (2 niveles por encima del desempeño esperado)

7. Análisis comparativo de resultados con investigaciones previas

Para comparar el desempeño sísmico de las viviendas analizadas se seleccionaron tres estudios realizados en Lima, con el fin de identificar las similitudes y diferencias que presentan respecto a los resultados obtenidos en esta investigación. Entre las características evaluadas para la selección de las viviendas a utilizar en la comparación de resultados, se priorizó la zona de estudio (Zona 4), que estas estructuras sean netamente de albañilería confinada, no mixtas, y que clasifiquen su uso como vivienda. Dado que los estudios comparados no explicitan las propiedades mecánicas del concreto ni del acero, la información presentada en la tabla 14 se emplea únicamente como referencia para identificar las características técnicas básicas de las edificaciones analizadas, tales como el tipo de unidad de albañilería, la herramienta de análisis estructural y el enfoque de evaluación del desempeño sísmico. La comparación detallada de resultados y el análisis principal se desarrollan en la Tabla 15, donde se contrastan de manera directa las viviendas evaluadas en esta investigación, la cuales comparten el mismo factor Z , factor U y factor R .

Tabla 14. Comparación metodológica de edificaciones analizadas

Ítem	Presente estudio (2025)	[17]	[18]	[19]	
		KK18		V4 y V16	V17
Unidad de albañilería	King Kong industrial 18 huecos	King Kong industrial 18 huecos	King Kong industrial 18 huecos	Ladrillo macizo artesanal	Ladrillo pandereta
Software de análisis	STERA3D	ETABS	ETABS	SAP2000	SAP2000
Evaluación del desempeño sísmico	ATC-40 + Vision 2000	ASCE/SEI 41-13	ASCE/SEI 41-17	ATC-40 + Vision 2000	ATC-40 + Vision 2000

[17]: Investigación de Ortiz Ccalluco, P. G., & Vargas Saenz, R. D. (2024).

[18]: Investigación de Alvarado Quispe, D. A., & Verde Agurto, A. J. (2024)

[19]: Investigación de Cosinga Congacha, A. C. (2019)

Tabla 15. Análisis comparativo de edificaciones

Parámetro	Presente estudio (2025)				[17]	[18]	V4	[19]	
	C2	E2	C3	E3	KK18			V16	V17
Factor S	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.00	1.00	1.00	1.05
Número de pisos	2	2	3	3	5	5	2	2	2
Peso de la estructura (kN)	2182.85	2504.11	3662.45	3420.45	NM	6143.6	NM	NM	NM
Diseño según normativa	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NM	NM	NM
Densidad de muros X	0.0244	0.0317	0.0398	0.0371	0.0480	0.0379	0.0050	0.0270	0.0130
Periodo en eje X (s)	0.159	0.118	0.176	0.168	NM	0.347	NM	NM	NM
Cortante máxima (CM) (kN)	1754.91	2897.87	2731.32	2848.81	NM	4806.90	274.68	372.78	510.12
Desplazamiento en CM (m)	0.018	0.023	0.027	0.028	NM	0.128	0.028	0.009	0.015
Densidad de muros Y	0.0716	0.0480	0.0776	0.0429	0.0479	0.0520	0.0190	0.0240	0.0570
Periodo en eje Y (s)	0.100	0.112	0.147	0.162	NM	0.157	NM	NM	NM
Cortante máxima (CM) (kN)	3607.04	3161.78	3578.37	2951.45	2922.40	10398.60	735.75	539.55	2472.12
Desplazamiento en CM (m)	0.023	0.023	0.027	0.030	0.052	0.083	0.015	0.009	0.013

NM: No Menciona

Además de los parámetros presentados en la Tabla 15, se elaboró la Tabla 16, la cual integra el desempeño sísmico de cada eje de las viviendas consideradas en la comparación.

Tabla 16. Análisis comparativo del desempeño sísmico con otros estudios

Sismo	Operacional	Funcional	Seguridad	Pre-Colapso	Colapso
Frecuente	V4-Y, V16-X, V16-Y, V17-X, V17-Y	V4-X			
Ocasional	V4-Y, V16-Y, V17-X, V17-Y	V4-X, V16-X, KK18-Y			
Raro	V17-Y, [18]-Y		V17-X, KK18-Y		V4-X, V4-Y, V16-X, V16-Y, [18]-X
Muy Raro	V17-Y		[18]-Y	KK18-Y	V4-X, V4-Y, V16-X, V16-Y, V17-X, [18]-X

A partir de la información de la Tabla 15 y 16, se puede señalar lo siguiente:

- La densidad de muros del eje Y es mayor que la del eje X, debido a que, al ser el eje de mayor longitud, existe mayor capacidad para la colocación de un mayor número de muros en dicho eje, es decir, existe una mayor rigidez en dicha dirección.

- El eje Y de todas las viviendas demuestra un mejor desempeño sísmico y una mayor cortante máxima alcanzada respecto al eje X. Esto se debe a que el eje Y posee una mayor densidad de muros y una mejor distribución en planta con relación al área tributaria de cada uno.

- Las viviendas diseñadas conforme a la normativa peruana presentan un mejor desempeño sísmico en comparación con aquellas que no fueron diseñadas bajo dicha normativa, las cuales, tras el análisis, evidencian incumplimiento de los requerimientos establecidos. Sin embargo, en algunos casos, incluso las viviendas normadas no alcanzan el nivel de desempeño esperado ante un sismo muy raro, aunque cumplen con el objetivo general para el cual la normativa fue concebida, e incluso, en ciertos casos, superan el desempeño esperado o sugerido para este tipo de edificaciones.

- Las viviendas que no cumplen con la densidad de muros sugerida por la normativa presentan un desempeño sísmico deficiente, como en el caso de V4-X, que, ante un sismo frecuente, alcanzaría un nivel funcional, fuera de lo esperado, y entraría en colapso a partir de un sismo raro, como se observa en los modelos V4 y V16.

- En el caso de [18]-X, a pesar de cumplir con los requerimientos normativos, frente a un sismo raro se encontraría en un estado de colapso. Esto podría atribuirse a la cantidad de pisos que posee, al encontrarse en el límite superior permitido para este sistema estructural según la normativa vigente.

- Los períodos fundamentales evidencian que el eje X presenta un comportamiento más flexible que el eje Y, reflejado en períodos mayores y mayores desplazamientos, mientras que el eje Y, al presentar menores períodos, muestra un comportamiento más rígido y un mejor desempeño sísmico global.

- Si bien la cortante sísmica es proporcional al peso de la estructura, conforme a la Norma E.030, se observa que edificaciones con menor peso, como la E2, pueden desarrollar mayores cortantes que otras más pesadas, como la E3. Este comportamiento se explica por la influencia del período fundamental y del coeficiente de amplificación sísmica, de modo que estructuras más rígidas, con períodos menores, movilizan mayores fuerzas sísmicas aun cuando su peso sea inferior.

Los resultados evidencian que el desempeño está condicionado principalmente por la densidad y distribución de muros en cada eje, la configuración en planta y el número de niveles, aspectos que influyen directamente en la transición entre los distintos niveles de desempeño alcanzados. En particular, las direcciones con mayor densidad de muros presentan un mejor comportamiento sísmico, mientras que las configuraciones con menor rigidez muestran una evolución más desfavorable frente a demandas sísmicas crecientes. Asimismo, al considerar diferentes niveles de amenaza sísmica, se observa una progresión del desempeño desde estados operacionales hasta escenarios de pre-colapso o colapso, lo que permite reconocer tendencias generales sobre la capacidad estructural de las edificaciones analizadas.

8. Conclusiones

1. El análisis del desempeño sísmico de las viviendas típicas de albañilería confinada diseñadas conforme a la normativa peruana vigente en el distrito de San Martín de Porres evidenció que dichas edificaciones cumplen los requisitos normativos asociados al nivel de desempeño de "Seguridad de Vida" frente a un sismo raro, que corresponde al sismo de diseño considerado por la normativa. Si bien, frente a un sismo muy raro, las viviendas C2, C3 y E3 presentan colapso en el eje X con valores de desplazamiento y aceleración espectrales de 0.020 m; 7.137 m/s², 0.0218 m; 7.5436 m/s², 0.022m; 8.5880 m/s² respectivamente, este comportamiento no contradice el cumplimiento normativo, ya que dicho nivel de amenaza sísmica no se encuentra contemplado dentro de los objetivos de diseño establecidos por la normativa vigente.

2. La configuración estructural de las viviendas analizadas fue definida conforme a la normativa peruana vigente, garantizando una adecuada disposición sísmica en términos de densidad y distribución de muros,

rigidez y resistencia global. Dicha configuración fue posteriormente validada mediante los análisis estático y dinámico, verificándose el cumplimiento de los criterios de diseño estructural exigidos por la normativa y confirmando la coherencia entre el planteamiento estructural adoptado y la respuesta sísmica obtenida.

3. El desempeño sísmico de las estructuras analizadas está condicionado principalmente por la densidad y distribución de los muros en planta, el número de niveles de la edificación y la dirección estructural de análisis. Para niveles de demanda sísmica iguales o inferiores al sismo raro, estas variables no generan diferencias significativas en el comportamiento global, observándose en la mayoría de los casos el cumplimiento del desempeño esperado e incluso, en aproximadamente la mitad de las viviendas, un desempeño superior. No obstante, frente a un sismo muy raro, las edificaciones con mayor densidad de muros, una distribución más equilibrada y menor altura alcanzan mejores niveles de desempeño, mientras que configuraciones estructurales menos favorables presentan una transición más rápida hacia estados de daño severo y colapso potencial.

4. El análisis comparativo con investigaciones previas demostró que las edificaciones diseñadas siguiendo la normativa peruana vigente presentan un desempeño sísmico notablemente superior frente a aquellas que no cumplen con dichos lineamientos, especialmente cuando se enfrentan a niveles de amenaza sísmica raras a muy raras. Los estudios revisados, que aplicaron la normativa en el diseño de viviendas de albañilería confinada, reportaron comportamientos estructurales similares. Estos resultados ponen de manifiesto la efectividad de la normativa peruana para garantizar un adecuado desempeño estructural en diversas tipologías de vivienda frente al sismo de diseño establecido por la norma (sismo raro), aunque en algunos casos dicho desempeño no se mantiene bajo escenarios de sismo muy raro.

9. Futuros estudios

A partir de los alcances de la presente investigación, se proponen las siguientes líneas de estudio futuro:

1. Incorporación del enfoque de desempeño sísmico en la normativa peruana para edificaciones de albañilería confinada, como criterio complementario al diseño tradicional (análisis lineal).

2. Análisis incremental por niveles en viviendas de albañilería confinada diseñadas según normativa, evaluando el desempeño sísmico y las medidas necesarias para mantener su eficiencia estructural conforme aumenta el número de pisos.

3. Evaluación de la variación del desempeño sísmico considerando los distintos tipos de unidades de albañilería establecidos en la normativa peruana.

4. Análisis del desempeño sísmico bajo diferentes condiciones de suelo, considerando las categorías establecidas en la normativa vigente.

5. Análisis de la influencia de irregularidades en planta y elevación, así como de deficiencias constructivas comunes, sobre el desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada.

6. Estudio de estrategias de refuerzo o rehabilitación sísmica de viviendas existentes de albañilería confinada bajo criterios de desempeño.

7. Desarrollo de guías metodológicas para el análisis de desempeño sísmico de edificaciones de albañilería confinada, que establezcan un procedimiento sistemático.

Referencias




1. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Norma técnica E.030: Diseño sismorresistente. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; 2020. Disponible en:

<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

2. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Norma técnica E.070: Albañilería. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; 2020. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
3. Safina Melone S. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales: análisis de su contribución al riesgo sísmico [tesis doctoral]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 2003. Disponible en: <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.5821/dissertation-2117-93538>
4. Matsuoka M, Gutiérrez A, Castillo P. Seismic microzonation and maximum ground acceleration in Lima framework. *Bol Soc Geol Peru*. 2014;113(1):47–60.
5. Quiroz Torres LG. Experimental assessment of the cyclic behavior of Peruvian confined masonry walls and numerical modeling using genetic algorithms. En 16th World Conference on Earthquake. 2017
6. Meli R, Brzev S, Astroza M, Boen T. Seismic design guide for low-rise confined masonry buildings. Oakland (CA): Earthquake Engineering Research Institute; 2011.
7. Torrealva AD. Estudio comparativo del diseño estructural según la norma E.070 de albañilería confinada versión 2006-2020 [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2020. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/670252>
8. Romero L, Pérez J, Sánchez T. Revisión del comportamiento y diseño de viviendas de albañilería confinada en zonas sísmicas [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola; 2018.
9. Pique J, Casimiro S. Diseño y evaluación de muros confinados de albañilería para viviendas unifamiliares en Lima Metropolitana [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2017.
10. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Norma técnica E.020: Cargas y presiones. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; 2020. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
11. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Norma técnica E.060: Diseño de estructuras de concreto. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; 2020. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
12. Structural Engineers Association of California. Vision 2000: Performance-based seismic engineering of buildings. Sacramento (CA): SEAOC; 1995.
13. Díaz M, Zavala C, López L. Analysis of adaptive pushover in confined masonry dwellings with height irregularity in the Lima Metropolitan Area. *J Disaster Res*. 2023;18:350–358. Disponible en: <https://doi.org/10.20965/jdr.2023.p0350>
14. Applied Technology Council. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (ATC-40). Vols 1–2. Redwood City (CA): Applied Technology Council; 1996.
15. Flores Terreros EN, Díaz M, Zavala C. Development of fragility function for typologies of confined masonry dwelling in Metropolitan Lima and Callao cities. *TECNIA*. 2019;29(2):151–158. Disponible en: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.717>
16. Blanco A. Estructuración y diseño de estructuras de concreto armado. Lima: Editorial Universitaria; 1994.
17. Ortiz Ccalluco PG, Vargas Saenz RD. Análisis de desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de 5 niveles de albañilería confinada en suelos blandos en zonas de alta sismicidad [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2024. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/682862>
18. Alvarado Quispe DA, Verde Agurto AJ. Evaluación del comportamiento estructural mediante el análisis por desempeño sísmico de una edificación multifamiliar de 5 niveles con albañilería confinada en el distrito de Miraflores [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2024. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/682923>
19. Cosinga Congacha AC. Evaluación del riesgo y desempeño sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Chaclacayo de la región Lima en el año 2018 [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad Peruana Unión; 2019. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_4f4a5e4a4def671e651149fd4f53c8b

Angel Asencio Diaz

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE VIVIENDAS TÍPICAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DISEÑADAS CON LA ...

-  Reportes biblioteca
-  Reportes biblioteca
-  Universidad de Lima

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3472160454

Fecha de entrega
3 feb 2026, 11:50 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
3 feb 2026, 11:55 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
tesis_turnitin.pdf

Tamaño del archivo
1.0 MB

27 páginas

11.246 palabras

57.417 caracteres




13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
34 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	2%
2	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
3	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%
4	Internet	www.elle.com	<1%
5	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Piura	<1%
7	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad de Huanuco	<1%
9	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
10	Internet	issuu.com	<1%
11	Internet	repositorio.ulasamericas.edu.pe	<1%

12	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
13	Internet	repository.unimilitar.edu.co	<1%
14	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
15	Internet	livrosdeamor.com.br	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
17	Internet	mediaserver.xpp.cesca.cat	<1%
18	Trabajos del estudiante	uni	<1%
19	Publicación	A. Rosti, M. Rota, A. Penna. "Damage classification and derivation of damage pro...	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
21	Internet	upcommons.upc.edu	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universiti Teknologi MARA	<1%
23	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
24	Internet	ri.ues.edu.sv	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Colombia	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
28	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
29	Internet	repositorio.upct.es	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad de San Martin de Porres	<1%
31	Internet	repositorio.unsa.edu.pe	<1%
32	Internet	de.slideshare.net	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Santa	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE	<1%
35	Internet	idus.us.es	<1%
36	Internet	tesis.pucp.edu.pe	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
38	Internet	doaj.org	<1%
39	Internet	digibug.ugr.es	<1%

40	Internet	patents.google.com	<1%
41	Internet	www.eltorrenti.com	<1%
42	Publicación	Slobodan Djajić. "Investment opportunities in the source country and temporary ...	<1%
43	Internet	idoc.pub	<1%
44	Internet	www.ptolomeo.unam.mx:8080	<1%
45	Internet	www.researchgate.net	<1%
46	Internet	www.slideshare.net	<1%