

Desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de Chota

Seismic performance level of the building of the Professional School of Accounting of the National Autonomous University of Chota

Jhimy Colunche Regalado^{1*}  Alexander Guevara Irigoín¹  Elmer Natividad Chávez Vásquez¹ 

*

¹Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

*Autor de correspondencia [e-mail: jhimy944244649@gmail.com]

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar el nivel de desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad (EPC) de la UNACH utilizando el análisis no lineal estático Pushover. La muestra incluyó los tres módulos principales del edificio: módulos 1 y 3 destinados a actividades académicas, módulo 2 para oficinas administrativas y el módulo 4 correspondiente al ascensor. La metodología involucró la evaluación estructural de cada módulo para determinar su desempeño bajo condiciones sísmicas. Los resultados del estudio revelaron que el módulo 1 es completamente regular en planta y elevación, mientras que el módulo 3, a pesar de su geometría compleja, también es regular en ambas dimensiones. En contraste, el módulo 2 presentó irregularidades en planta debido a esquinas entrantes, y el módulo 4 mostró irregularidad torsional en planta, aunque ambos módulos son regulares en elevación. En términos de desempeño sísmico, el edificio cumple con la norma E.030:2018 tras la aplicación de coeficientes de amplificación en los módulos 1, 3 y 4. Los desplazamientos y derivas relativas se mantuvieron dentro de los límites normativos, garantizando un comportamiento estructural estable. Sin embargo, el análisis bajo cargas estáticas no lineales mostró que solo el módulo 3 y 4 cumplen completamente con los objetivos de desempeño de la norma ATC-40:1996; mientras que, los módulos 1 y 2 cumplen parcialmente los objetivos de desempeño, pero son resistentes especialmente bajo sismos máximos. Por tanto, se concluyó que, el edificio de contabilidad de la UNACH cumple su desempeño sísmico.

Palabras clave: análisis no lineal, irregularidades, desempeño sísmico.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the level of seismic performance of the building of the Professional School of Accounting (EPC) of the UNACH using the Pushover nonlinear static analysis. The sample included the three main modules of the building: modules 1 and 3

for academic activities, module 2 for administrative offices and module4 corresponding to the elevator. The methodology involved the structural evaluation of each module to determine its performance under seismic conditions. The results of the study revealed that module1 is completely regular in plan and elevation, while module3, despite its complex geometry, is also regular in both dimensions. In contrast, module2 presented irregularities in plan duet incoming corners, and module4 showed torsional irregularity in plan, although both modules are regular in elevation. In terms of seismic performance, the building complies with E.030 (MVCS, 2018) after the application of amplification coefficients in modules 1, 3 and 4. The relative displacements and drifts remained within the normative limits, ensuring stable structural behavior. However, the analysis under nonlinear static loads showed that only modules 3 and 4 fully comply with the performance objectives of the ATC-40:1996 standard; whereas modules 1 and 2 partially comply with the performance objectives but are resistant especially under maximum earthquakes. Therefore, Taws concluded that the UNACH accounting building meets its seismic performance.

Key words: nonlinear analysis, irregularities, seismic performance.

INTRODUCCIÓN

Las fuerzas sísmicas son aleatorias y dominantes en la naturaleza, terremotos pasados, han puesto de manifiesto, como la carga dinámica afecta fuertemente a las edificaciones (Shinde & Chaturvedi, 2022). Por ello, al tratar con una fuerza tan peligrosa, la evaluación sísmica es un instrumento valioso para la conservación de estructuras vulnerables en regiones propensas a terremotos (Shehú, 2021). La evaluación sísmica, tiene importantes repercusiones en la práctica de la ingeniería, ya que influye en el diseño de intervenciones de refuerzo, a escala del edificio único existente o en el plan de políticas de mitigación a escala territorial (Cattari & Magenes, 2022).

Los parámetros importantes, en el análisis sísmico, incluyen ductilidad, rigidez, amortiguamiento, masa, capacidad de carga, cortante base, espectro de respuesta

y capacidad de carga (Shinde & Chaturvedi, 2022). Estos parámetros de respuesta de fuerza-desplazamiento no lineal, se pueden estimar a partir del análisis "Pushover", también conocido como "Análisis estático no lineal" (Sullivan et al., 2021). Este procedimiento es comúnmente adoptado por los profesionales para el análisis sísmico, en el que se analiza la estructura para cargas laterales cada vez mayores y el comportamiento estructural no lineal se tiene en cuenta durante el análisis mediante la actualización de la matriz de rigidez en cada incremento de carga (Sullivan et al., 2021).

Perú, ha soportado múltiples eventos telúricos con consecuencias letales (Lorito et al., 2022). Por lo que, el "Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento" (MVCS, 2018) realizó modificaciones a la norma E.030, cambiando el espectro de

diseño sísmico, al modificar la zonificación sísmica, los perfiles de suelo, sistemas estructurales e irregularidades, lo que, ha generado un vacío técnico, debido al desconocimiento de si edificaciones construidas con normas anteriores a la actual modificación, cumplen los requerimientos de rigidez, desplazamientos y derivas actuales.

La norma E.030 (MVCS, 2018), plantea el análisis sísmico, en base al análisis estático y dinámico, donde se definen parámetros como, cortante base, derivas y desplazamientos; pero no se define la capacidad y desempeño de la edificación, por lo que, en la actualidad, muchos investigadores, optan por complementar el análisis sísmico, utilizado en sus respectivos países, con el análisis "Pushover" (Shinde & Chaturvedi, 2022). En otras palabras, si bien el análisis sísmico de la norma E.030 permiten plantear un diseño sismorresistente, solo la metodología Pushover permite identificar o conocer el punto de desempeño de la estructura, dato que comprende el estado de la edificación frente a diferentes niveles de eventos sísmicos, es decir, da una idea clara del comportamiento de la edificación a eventos telúricos, siendo así, también permite identificar claramente los puntos de colapso (rotulas plásticas).

La provincia de Chota, Cajamarca, se encuentra dentro de la zona 2 y 3, de peligrosidad sísmica, según la norma E.030 (MVCS, 2018), así mismo, según la "Municipalidad Provincial de Chota" (MPCH, 2018), los suelos de la localidad tienen baja capacidad de soporte, por lo que,

incrementan la posibilidad de colapso de una edificación, frente a un evento telúrico de baja a media intensidad.

La "Universidad Nacional Autónoma de Chota" (UNACH), integrada por cinco escuelas profesionales, tiene en su campus Colpamatará a las edificaciones, de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Civil (EPIC), Enfermería (EPE), Ingeniería Forestal y Ambiental (EPFA), y Contabilidad (EPC), de las cuales el edificio de Enfermería fue analizado por Cabrera (2022), y el edificio de ingeniería civil fue analizado por Fernández (2022), donde ambos concluyeron que, existen módulos que colapsarían frente a eventos sísmicos máximos, y plantearon sus respectivas propuestas de reforzamiento, según el caso, esto se debe a que, las edificaciones fueron diseñadas con la normativa anterior, a las modificaciones actuales, así mismo, los materiales, como el concreto, pierden resistencia con el paso del tiempo, de allí, el interés, por comprobar el nivel de desempeño estructural a eventos sísmicos, de los módulos de la "Escuela Profesional de Contabilidad".

Se analizó el edificio de Contabilidad, porque fue diseñado con normatividad anterior a las modificaciones de la E.030 en el año 2014 y 2018, así mismo, fue construida en paralelo, con el edificio de Ingeniería Civil, mismo que, según expresa Fernández (2022) para el módulo V (donde se encuentran los servicios higiénicos) presenta desempeño de pre colapso frente a un evento telúrico máximo, lo que, hace suponer que alguno de los módulos de la edificación de contabilidad también puede estar en riesgo de colapsar frente a un evento sísmico severo. Otro aspecto relevante para la

Colunche, Guevara y Chávez (2025). Nivel de desempeño...

elección de esta estructura fue la presencia de patologías del concreto como grietas y fisuras, que hacen pertinente el análisis. El edificio de la EPC, tiene cuatro (4) niveles, está integrada por tres módulos, el módulo 1 y 3 destinados a labores académicas, donde hay aulas, auditorios y laboratorios de computación, mientras que el módulo 2, corresponde a oficinas administrativas, servicios higiénicos, escaleras y el ascensor que funciona independientemente como un módulo más, por lo que, también podría decirse que son cuatro módulos. Es una edificación de tipo esencial (tipo A), según la norma E.030 (MVCS, 2018) por lo que debe prevalecer estructuralmente frente a un sismo, es decir, luego de un evento telúrico, su funcionamiento tiene que continuar, debido a que podría servir de albergue temporal para personas que hayan perdido sus edificaciones; no obstante, esto no se puede garantizar, sin la realización de un análisis no lineal estático "Pushover". En ese

contexto el objetivo en este estudio fue determinar el nivel de desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad – UNACH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en el distrito de Chota, localizado en las coordenadas UTM WGS84 759907.01 m, 9274121.38 m S a una altura de 2,388 m.s.n.m. Esta ciudad se caracteriza por su clima semifrío lluvioso, las temperaturas varían desde 4°C a 25°C y 80% de humedad relativa, las precipitaciones de 115 mm/hr, con mayor frecuencia de noviembre a abril, según la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018). De esta manera, se evaluaron los 4 módulos del pabellón de la escuela profesional de contabilidad, la ubicación del estudio se presenta en la Figura 1 y Tabla 1. El estudio se realizó desde septiembre del 2022 hasta 2024.

Figura 1. Ubicación del campus universitario de Colpamatara-UNACH.



Tabla 1. Ubicación del pabellón de contabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Vivienda	Dirección	Coordenadas UTM WGS84 17S		Elevación (msnm)
		Este	Norte	
1	Campus universitario, UNACH	759907.010	9274121.380	2388.00

Diseño de investigación

La investigación adoptó un diseño no experimental descriptivo simple porque se centró en la observación y análisis del comportamiento de una estructura existente, sin manipular, ni alterar las variables en estudio. Se caracterizó el desempeño sísmico del edificio a través del análisis estructural "Pushover". Este diseño ha permitido describir el comportamiento de la edificación ante diferentes niveles de demanda sísmica, como los desplazamientos, cortantes basales y niveles de daño de la estructura.

$M \leftarrow O$

(1)

Donde, M es la muestra, O es la observación a la variable de estudio.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Consistió en la visualización detallada del entorno de estudio y las características de la muestra, es decir, el edificio en cuestión. Se verificaron las dimensiones geométricas, los materiales utilizados y otros datos relevantes en campo, contrastando esta información con el expediente técnico.

Se realizó la exhaustiva revisión del expediente técnico (ET) de la construcción del edificio de Contabilidad. Esta revisión permitió recopilar los planos

arquitectónicos, estructurales y otros datos esenciales para el estudio.

Se llevaron a cabo tanto ensayos in situ como ex situ para obtener datos fundamentales sobre la edificación y su entorno:

Ensayos a los elementos estructurales (Esclerometría): Se realizaron pruebas de esclerometría en vigas, columnas, losas y escaleras del edificio.

Ensayos al suelo de cimentación: Se efectuaron diversos ensayos para evaluar las propiedades del suelo donde se cimenta el edificio, incluyendo pruebas de clasificación y corte directo. Estos ensayos permitieron calcular la capacidad portante del suelo y en base a ello definir el perfil del suelo.

Se calcularon los pesos de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas) y de los materiales de acabado; y se evaluaron las cargas debidas al uso y ocupación del edificio, basándose en las normativas.

Esta técnica involucró una serie de procesos destinados a determinar el nivel de desempeño estructural del edificio frente a eventos sísmicos, empleando diversos tipos de análisis:

Análisis estático: Se realizó un análisis de la cortante basal para evaluar la capacidad de la estructura para soportar fuerzas laterales estáticas.

Análisis dinámico: Se llevaron a cabo cálculos de derivas, desplazamientos,

cortante dinámica y modos de vibración para entender cómo el edificio responde a fuerzas dinámicas. Estos análisis permitieron identificar las frecuencias naturales de vibración y los desplazamientos máximos esperados bajo condiciones sísmicas.

Análisis Pushover: Este análisis incluyó la generación de los espectros de análisis y la determinación del punto de desempeño. El análisis Pushover permitió identificar los objetivos de desempeño del edificio, como operacional, funcional, pre-colapso y colapso.

Cuaderno de campo. Medio donde se registraron todas las observaciones realizadas. Se anotaron detalles sobre las condiciones del sitio, las características visibles de la edificación, y cualquier incidencia o anomalía observada durante las visitas al campus universitario Colpamatara. Este registro detallado sirvió como una base de datos cualitativa que complementó los datos cuantitativos obtenidos a lo largo del estudio.

Fichas de registro. Incluyeron detalles sobre los materiales utilizados, las especificaciones de diseño, y las características estructurales del edificio. Este instrumento permitió tener una visión clara y estructurada de los aspectos constructivos y técnicos esenciales para el análisis sísmico.

Formatos de ensayos. Estos formatos fueron utilizados para presentar los resultados de los ensayos realizados tanto in situ como ex situ. En el caso de los ensayos in situ, se documentaron los resultados de las pruebas de esclerometría aplicadas a los elementos estructurales (vigas, columnas, losas y escaleras) para determinar su resistencia a la compresión actual. En cuanto a los ensayos

ex situ, se registraron los resultados de las pruebas de mecánica de suelos que se llevaron a cabo para evaluar la capacidad portante del suelo de cimentación.

Formato de Metrado de cargas. Documento estructurado que se utiliza para registrar y estimar todas las cargas de la estructura. Este formato incluye detalles sobre cada tipo de carga, su magnitud, ubicación y distribución en el edificio determinado de acuerdo a la norma E.020.

Modelo de análisis sísmico. Este fue un modelo digital elaborado en el programa ETABS v. 2018, utilizado para realizar los diferentes tipos de análisis sísmico: estático, dinámico y pushover. El modelo digital permitió simular el comportamiento del edificio bajo diversas condiciones sísmicas, proporcionando una herramienta poderosa para visualizar y entender cómo la estructura respondería a diferentes escenarios de carga sísmica.

Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el programa Minitab 22 con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) o la hipótesis alternativa (H_1), para ello primero se verificó la normalidad de las variables, luego aplico el método Anova para sacar el valor de probabilidad y se aplicó prueba paramétrica T-Student para definir la hipótesis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis realizado a los módulos de la Escuela Profesional de Contabilidad (EPC) muestra que el módulo 1 es regular en planta y elevación, resultados similares fueron determinados por Vielma-Quintero et al.

(2024), quienes concluyeron que las estructuras con simetría en planta suelen tener un comportamiento sísmico más favorable, con menores demandas en desplazamientos. La regularidad en planta y elevación del módulo 1 también coincide con Abd-Elhamed et al. (2023), quienes observaron que las estructuras regulares presentaban mayor capacidad de carga y una mejor respuesta sísmica.

Sin embargo, para el módulo 2 que tiene irregularidad en planta por esquinas entrantes, el comportamiento observado es similar a los resultados de Hasibuan et al. (2023), quienes concluyeron que las irregularidades geométricas aumentan la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. La presencia de estas esquinas entrantes en el módulo 2 requiere la aplicación del coeficiente de irregularidad, lo que refleja una menor capacidad de la estructura para disipar energía durante un sismo, como sugieren también Janićijević et al. (2023) en su análisis de edificios con irregularidades geométricas.

Sin embargo, para el módulo 2 que tiene irregularidad en planta por esquinas entrantes, el comportamiento observado es similar a los resultados de Hasibuan et al. (2023), quienes concluyeron que las irregularidades geométricas aumentan la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. La presencia de estas esquinas entrantes en el módulo 2 requiere la aplicación del coeficiente de irregularidad, lo que refleja una menor capacidad de la estructura para disipar energía durante un sismo, como sugieren también Janićijević et al. (2023) en su análisis de edificios con irregularidades geométricas.

Entre tanto, el módulo 4 presenta una irregularidad torsional, lo cual es consistente con Kuria & Kegyes-Brassai (2023), quienes identificaron fallos estructurales en edificios que mostraban un comportamiento torsional excesivo en una de sus direcciones. El hecho de que el módulo 4 sea regular en elevación, pero presente problemas en planta debido a la torsión es un patrón común en estructuras con geometrías asimétricas o distribuciones irregulares de masa, lo que subraya la importancia de un análisis detallado de cada módulo en edificaciones con configuraciones complejas.

La evaluación del desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad (EPC) bajo cargas estáticas y dinámicas lineales cumple parcialmente con la norma E.030 (MVCS, 2018). Los cortantes dinámicos obtenidos para los módulos del edificio indicaron que en varios casos no se alcanzaba el 80% del cortante estático, un criterio clave de la norma E.030:2018 (MVCS, 2018). Por lo tanto, fue necesario aplicar coeficientes de amplificación sísmica para cumplir con los requerimientos normativos. Este comportamiento fue similar al observado por Fernández (2022), quien también identificó la necesidad de amplificar cortantes dinámicos en ciertos módulos de la EPIC. Ambos estudios coinciden en que los coeficientes de amplificación son necesarios para asegurar el cumplimiento normativo, aunque no alteran las derivas ni desplazamientos absolutos de las estructuras, por tanto, se toman en cuenta solo como parte del diseño sísmico, pero no afectan a una edificación ya construida,

alineándose también, con lo que, argumenta Cabrera (2022).

En relación con los desplazamientos absolutos, los valores obtenidos en los módulos del edificio de Contabilidad se encontraron dentro de los límites permisibles establecidos por la norma, lo que indica un comportamiento estructural adecuado frente a cargas sísmicas. Estos resultados son coherentes con Janićijević et al. (2023), quienes concluyeron que los desplazamientos obtenidos en sus análisis también se mantenían dentro de los márgenes aceptables, sin embargo, variaban según el modelo de material no lineal empleado. De igual forma, Llontop (2023) también reportó que los desplazamientos en los diferentes módulos de la I.E. San Carlos estaban dentro de los límites permisibles, evidenciando un buen comportamiento sísmico.

En cuanto a las derivas relativas, el análisis de los módulos del EPC mostró que todas las distorsiones están por debajo del límite de 0.007, lo que garantiza la integridad estructural. Este comportamiento es comparable con Kuria & Kegyes-Brassai (2023), quienes, a pesar de encontrar desplazamientos mayores en la dirección X de una edificación hospitalaria, concluyeron que las derivas estaban dentro de los límites establecidos por los códigos normativos, asegurando un desempeño adecuado. En cambio, Vielma-Quintero et al. (2024) determinaron derivas ligeramente superiores a 0.04, debido a la asimetría de la edificación.

Por otro lado, los modos de vibración del edificio EPC cumplen con el criterio normativo de que los dos primeros modos

sean de traslación y el tercero de rotación, concordando con Zevallos (2023), quien reportó una adecuada distribución de los modos de vibración bajo cargas sísmicas. Sin embargo, Linares (2022) indican que no todas las estructuras logran cumplir con este criterio, particularmente aquellas con configuraciones estructurales más complejas o irregulares, lo que subraya la importancia de realizar el análisis por desempeño las edificaciones con geometría compleja. Asimismo, Antonio (2023) resalta que, a pesar que una edificación cumpla con los límites de deriva de la norma E.030, debe someterse al análisis no lineal, para asegurar su desempeño sísmico.

En cuanto, al análisis "Pushover" del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad (EPC) de la UNACH, los resultados obtenidos revelaron que, el edificio de Contabilidad cumple, en promedio, con los objetivos de desempeño establecidos por el ATC-40 (ATC-40, 1996), lo que indica una adecuada capacidad estructural frente a diferentes tipos de cargas y eventos sísmicos. Este rendimiento es comparable al de la EPIC, analizada por Fernández (2022), que en promedio también cumplió satisfactoriamente los criterios de desempeño.

El módulo 1 de la Escuela de Contabilidad muestra un comportamiento sísmico diferenciado según la dirección evaluada. En X, cumple parcialmente con los objetivos de desempeño de la norma ATC-40 para edificaciones esenciales. Aunque alcanzó una última capacidad de 13.45 cm de desplazamiento y un cortante basal de 1024.26 ton, se obtuvo un nivel de desempeño de "ocupación inmediata" frente

a un sismo de servicio (SS), cuando la norma exige el nivel "operacional". Este resultado es coherente con Kuria & Kegyes-Brassai (2023) y Fernández (2022), quienes observaron que, aunque se cumplen ciertos objetivos de desempeño, en algunos casos se presentan limitaciones en la estabilidad estructural ante eventos sísmicos máximos. En contraste, en la dirección Y, el módulo 1 muestra una mejor capacidad estructural, alcanzando un desplazamiento de 15.51 cm y un cortante basal de 702.33 ton; en esta dirección, no solo cumple, sino que supera los objetivos del ATC-40, alcanzando el nivel "operacional" para un sismo de servicio (SS) y "ocupación inmediata" tanto para un sismo de diseño (SD) como para un sismo máximo (SM), lo cual es similar a lo reportado por Llocle (2021). Este buen desempeño en la dirección Y también coincide con lo observado por Davalos & Huanca (2023) en el hospital de Chiclayo, donde se obtendrá un comportamiento operativo para sismos frecuentes y severos con daños limitados. Además, presenta un mejor rendimiento sísmico en comparación con el bloque 2 de la IE N° 40230, analizado por Condori & Vilca (2022), que no cumplió con los límites de entrepiso y alcanzó un nivel de desempeño "Cerca al colapso" en X.

El módulo 2 en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño, esta muestra una buena capacidad estructural frente a sismos máximos. En contraste, el módulo 2 en Y cumple con los objetivos de desempeño y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos máximos, superando las expectativas de la norma. Este comportamiento heterogéneo está relacionado con la asimetría del edificio,

considerando que presenta irregularidades, tal como, argumenta Vielma-Quintero et al. (2024). Hasibuan et al. (2023) también, destaca que, una edificación con irregularidades verticales o horizontales tiene mayor probabilidad de no cumplir totalmente los objetivos de desempeño en la dirección donde se presente la falla, tal como, se ha dado el caso en la investigación. En la dirección X, el módulo 2 alcanzó la capacidad última con un desplazamiento de 17.35 cm y un cortante basal de 569.68 ton, semejante a Kuria & Kegyes-Brassai (2023) donde encontraron desplazamientos significativamente mayores en una dirección. El módulo 2 en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño del ATC-40 para edificaciones esenciales. Para un sismo de servicio (SS) se alcanza un nivel de desempeño de "ocupación inmediata", mientras que la norma establece el nivel "operacional", mientras que, para el resto de los sismos se obtiene el nivel de seguridad de vida, con algunos daños operativos como, detalla Zevallos (2023). Así mismo, Torres (2023) argumenta que, edificaciones con irregularidades estructurales como estas pueden presentar formación de rótulas y puntos de colapso en muros, placas y/o columnas, pero no en vigas, tal como, en el estudio los puntos de colapso se han dado en las placas del módulo.

En la dirección Y, el módulo 2 de Contabilidad alcanzó la capacidad última con un desplazamiento de 12.24 cm y un cortante basal de 559.59 ton. En esta dirección, el módulo 2 cumple con los objetivos de desempeño del ATC-40. Para un sismo de servicio (SS) se alcanza el nivel de desempeño "operacional", tal como

sugiere la normatividad. Para un sismo de diseño (SD) se alcanza el nivel de "ocupación inmediata", cumpliendo con la norma ATC-40. Finalmente, para un sismo máximo (SM) se alcanza el nivel de "ocupación inmediata", superando las expectativas de la norma.

El módulo 3 de la Escuela de Contabilidad muestra un desempeño estructural adecuado en X, cumpliendo con los objetivos de desempeño del ATC-40 para edificaciones esenciales. En esta dirección, alcanzó una capacidad última de 17.55 cm de desplazamiento y un cortante basal de 831.09 ton. Para un sismo de servicio (SS), se obtuvo un nivel de desempeño "operacional", mientras que para un sismo de diseño (SD) se alcanzó el nivel de "ocupación inmediata", cumpliendo con la norma. En el caso de un sismo máximo (SM), el módulo logró el nivel de "seguridad de vida", lo que se alinea con las expectativas normativas. En contraste, en Y, el módulo 3 mostró un desempeño parcial, alcanzando una capacidad última de 20.32 cm de desplazamiento y un cortante basal de 705.67 ton. Aunque para un sismo máximo (SM) el módulo cumplió con el nivel de "seguridad de vida", para un sismo de servicio (SS) solo alcanzó el nivel de "ocupación inmediata", mientras que la norma establece el nivel "operacional". De manera similar, para un sismo de diseño (SD) se alcanzó el nivel de "seguridad de vida", cuando la norma sugiere "ocupación inmediata". Este comportamiento es comparable al encontrado por Llocle (2021) en el colegio "coronel Ladislao Espinar" de Cusco, donde se obtuvo un desempeño "operacional" en el sentido longitudinal y "ocupación inmediata" en el transversal.

Además, presenta una situación similar a la reportada por Valdivia (2024) en el bloque 2 y 4 del "Mercado Zonal Sur" de Cajamarca, donde no se cumplieron con los requisitos de desempeño en Y.

El módulo 4 de la Escuela de Contabilidad demuestra un excelente desempeño estructural tanto en X como en Y, cumpliendo con los objetivos de desempeño de la norma ATC-40 para edificaciones esenciales y superando las expectativas en algunos casos. En la dirección X, alcanzó una capacidad última de 25.21 cm de desplazamiento y un cortante basal de 108.42 ton. Para un sismo de servicio (SS), el nivel de desempeño fue "operacional", mientras que para un sismo de diseño (SD) y un sismo máximo (SM), se logró el nivel de "ocupación inmediata", superando las expectativas normativas. De manera similar, en Y, con un desplazamiento de 5.647 cm y un cortante basal de 72.38 ton, el módulo también cumplió con los niveles de "operacional" para un SS y "ocupación inmediata" para un SD y SM. Este comportamiento refleja lo encontrado por Chilón (2024) en su análisis del edificio "Mercado Porcón" en Cajamarca, donde se comprobó que cumplió con el desempeño en ambas direcciones, destacando una respuesta sísmica adecuada frente a sismos de diferentes intensidades.

CONCLUSIONES

El nivel de desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad – UNACH cumple con los objetivos de desempeño establecidos por el ATC-40.

El análisis estructural reveló que los módulos 1 y 3 son regulares en planta y elevación,

Colunche, Guevara y Chávez (2025). Nivel de desempeño...

entre tanto, el módulo 2 tiene esquinas entrantes (irregular en planta) y el módulo 4 presenta torsión en planta, sin embargo, ambos son regulares en elevación. Estas irregularidades en los módulos 2 y 4 requieren evaluación para garantizar su seguridad sísmica.

El desempeño sísmico del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad (EPC) de la UNACH cumple con la norma E.030 tras la aplicación de coeficientes de amplificación en los módulos 1, 3 y 4, debido a cortantes dinámicos menores al 80% del estático. El módulo 2 no requirió ajustes adicionales. Los desplazamientos y derivas relativas se mantuvieron dentro de los límites normativos, asegurando un comportamiento estructural estable.

3.- El análisis del edificio de la Escuela Profesional de Contabilidad bajo cargas estáticas no lineales muestra que los módulos cumplen con los requisitos de desempeño sísmico de la norma ATC-40:1996.

Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a la comisión organizadora de la "Universidad Nacional Autónoma de Chota", así como al director Académico de la "Escuela Profesional de Contabilidad", por facilitarnos el acceso a los pabellones de contabilidad, donde se llevó a cabo los estudios preliminares de mecánica de suelos y las pruebas de esclerometría, elementos clave en el desarrollo de esta investigación.

Nuestra sincera gratitud a la "Escuela Profesional de Ingeniería Civil", que nos permitió el uso de sus laboratorios, espacios

donde se pudo realizar los ensayos básicos necesarios para la validación de la hipótesis.

Financiamiento

La investigación que se presentó fue financiada exclusivamente por los tesisistas.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de interés con los contenidos del artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-Elhamed, A., Mahmoud, S., & Alotaibi, K. S. (2023). Nonlinear analysis of reinforced concrete buildings with different heights and floor systems. *Scientific Reports*, 13(1), 14949. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-023-41656-7>
- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y enfermería*, 8(1), 1-5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- Ademi, F., & Jakupi, E. (2022). Assessment of the seismic behavior of reinforced concrete frame structures using nonlinear static pushover analysis. *Journal of Applied Sciences-SUT (JAS-SUT)*, 8. <https://doi.org/https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1630027>
- Aki, K., & Richards, P. (2009). *Quantitative Seismology*. Cambridge University, 118(2). <https://doi.org/10.1017/S0016756800034439>
- Altamirano, R. (2021). Desempeño sismorresistente del pabellón "D" de

- educación secundaria de la Institución Educativa de San Ramón-Cajamarca. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Antonio, K. F. (2023). Análisis del desempeño estructural del bloque 1 de las aulas comunes de la unasam, mediante el análisis estático no lineal-PUSHOVER. [Tesis de grado, Univesidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo].
- Applied Technology Council (ATC). (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings.
- ATC-40. (1996). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings volume 1. Applied Technology Council (ATC). <http://tanbakoochi.com/File/www.tanbakoochi.com-ATC40.pdf>
- Borja, M. A. (2019). Correlación entre la resistencia real del concreto y el ensayo no destructivo de esclerometría para muestras de concreto en el departamento de Lambayeque. [Tesis de grado, Universidad Naciona Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/5761>
- Cabrera, E. T. (2022). Evaluación del comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Cattari, S., & Magenes, G. (2022). Benchmarking the software packages to model and assess the seismic response of unreinforced masonry existing buildings through nonlinear static analyses. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20(4), 1901-1936. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10518-021-01078-0>
- Centurion, M. (2021). Desempeño Sismorresistente del pabellón "D" de educación secuandaria de La Instutición Educativa de San Ramon-Cajamarca . [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Chilón, R. (2024). Desempeño sísmico del edificio "Mercado Porcón" del centro poblado Porcón Alto, distrito de Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Condori, R. W., & Vilca, A. J. (2022). Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.º 40230 San Antonio del Pedregal Majes - Caylloma - Arequipa. [Tesis de grado, Universidad Continental].
- Cumpa, J., & Quispe, B. H. (2019). Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N° 50217 de la comunidad Umachurco-San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover). Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2885>.

- Das, B. M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.). Cengage Learning.
- Davalos, Y. L., & Huanca, E. V. (2023). Estudio de desempeño sísmico del hospital de Chiclayo frente a un evento sísmico frecuente, severo y máximo, empleando un análisis estático no lineal Pushover. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- Expediente técnico del pabellón de Contabilidad. (2013). Planos arquitectónicos y estructurales del edificio de Contabilidad. Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH).
- FEMA 356. (2000). Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency Management Agency.
- Fernández, R. (2022). Evaluación del desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático pushover del edificio de ingeniería civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Fuentes, N. F. (2018). Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal PUSHOVER. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2191>. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2191>
- García, R. H., & Pinzón, P. L. (2022). Evaluación estructural del desempeño sísmico de una edificación de 18 niveles ubicado en la ciudad de Manta, mediante el Análisis no Lineal, [Trabajo de Titulación, universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/revdeg/60517>
- Gaxiola, R. (2022). Diseño Sísmico basado en desempeño - Revisión de una filosofía alternativa de diseño. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. <https://www.researchgate.net/publication/361040717>
- Gonzales, C. A. (2010). Análisis estático no lineal (pushover) de estructura aportada de hormigón armado con diferentes grados de ductilidad. Aplicando la norma sismorresistente Colombiana 2010 (NSR-10). [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia].
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf
- Hasibuan, S., Ma'arif, F., & Praja, B. (2023). Non-Linear Behavior of Reinforced Concrete Frame Structure with Vertical Irregularities. International Journal of Innovative Research in Computer Science and Technology, 11(1), 45-51.

- <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.55524/ijircst.2023.11.1.10>
- INACAL. (2017). NTP 339.171. Suelos. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición. INACAL.
- INACAL. (2019). NTP 339.127. Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed. INACAL.
- INACAL. (2019). NTP 339.129. Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed. INACAL.
- INACAL. (07 de diciembre de 2020). NTP 339.181 CONCRETO. Determinación del número de rebote del concreto endurecido. Método de ensayo. 3a Ed. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Instituto Nacional de la Calidad, INACAL. (2019). NTP 339.127. Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed. INACAL.
- Janićijević, M., Milosevic, B., Mihajlović, S., Bojkovic, J., & Marinkovic, S. (2023). Nonlinear static "pushover" analysis of multi-storey reinforced concrete building. [Tesis de grado, University of Kragujevac]. <https://doi.org/https://scidar.kg.ac.rs/handle/123456789/19212>
- Kalkan, E., & Chopra, A. (01 de November de 2012). Evaluation of Modal Pushover-Based Scaling of One Component of Ground Motion: Tall Buildings. Earthquake Engineering Research Institute, 28(4), 1469-1493. <https://doi.org/https://doi.org/10.1193/1.4000091>
- Kuria, K., & Kegyes-Brassai, O. K. (2023). Nonlinear Static Analysis for Seismic Evaluation of Existing RC Hospital Building. Applied Sciences, 13(21), 11626. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app132111626>
- Linares, J. F. (2022). Evaluación del Desempeño Sísmico con el Método Estático No Lineal Pushover de un edificio de 3 niveles en la ciudad de Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].
- Llocle, A. (2021). Evaluación de desempeño estructural utilizando Análisis Estático no lineal (Pushover) del bloque del nivel secundario del colegio Emblemático Ladislao Espinar ubicado en la ciudad de Espinar-Cusco. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión].
- Llontop, G. X. (2023). Optimización del diseño estructural utilizando análisis estático no lineal pushover en la I.E. San Carlos -Monsefú. [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
- Loa, G. J. (2017). Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Lobo, G. (2005). Niveles, condiciones, objetivos y modalidades del diseño sismorresistente basado en

- desempeño. Boletín Técnico, 43(3).
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2005000300001
- Lorito, S., Romano, F., & Lay, T. (2022). Tsunamigenic major and great earthquakes (2004–2013): source processes inverted from seismic, geodetic, and sea-level data. Complexity in Tsunamis, Volcanoes, and their Hazards, 1, 247-298.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1705-2_641
- Luque, O. M. (2020). Niveles de desempeño sísmico del edificio de ciencias físico matemáticas, según las normas E. 030, FEMA 440 y ASCE 41. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16756>
- Meza, A. E. (2018). Desempeño sismorresistente mediante el análisis estático no lineal Pushover de la IE JCM N° 2048–Pabellón “G”–Comas–2017. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].<https://hdl.handle.net/20.500.12692/26637>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (24 de Enero de 2018). Norma E.030. Reglamento Nacional de Edificaciones. MVCS.
<https://museos.cultura.pe/sites/default/files/item/archivo/Norma%20t%C3%A9cnica%20E.030%20Dise%C3%B1o%20sismorresistente.pdf>
- Mires, N. Y. (2019). Desempeño sismorresistente de la institución educativa técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover y propuesta de mejora. [tesis de grado, Universidad Privada del Norte].<https://hdl.handle.net/11537/22304>
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22304/Mires%20Acu%20b1a%20Neyder%20Yosmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno-Zulca, P. A., Llanes-Cedeño, E. A., Guaña-Fernández, W. V., & Jima-Matailo, J. C. (2020). Análisis estructural de un bus por el método de elementos finitos. Polo del conocimiento, 5(1), 199-837.
<https://doi.org/DOI:10.23857/pc.v5i01.1265>
- MPCH. (2018). Plan de desarrollo urbano PDU 2017-2027 Chota. Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- MVCS. (2006). E.020 Cargas. En Minsiterio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones (págs. 1-8). Instituto de la Construcción y Gerencia.
https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_020.pdf
- MVCS. (2006). E.020 Cargas. En M. d. (MVCS), Reglamento Nacional de Edificaciones (págs. 1-8). Instituto de la Construcción y Gerencia.
https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_020.pdf

- MVCS. (2009). Norma E.060 Concreto armado. En C. y. Ministerio de Vivienda, Reglamento Nacional de Edificaciones (págs. 1-201). Instituto de Construcción y Gerencia (ICG). https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2009_E_060.pdf
- MVCS. (2018). Norma E.030 Diseño sismorresistente. En C. y. Ministerio de Vivienda, Reglamento Nacional de Edificaciones (págs. 1-32 pp.). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E_030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf
- MVCS. (2018). Norma E.030 Diseño sismorresistente. En C. y. Ministerio de Vivienda, Reglamento Nacional de Edificaciones (págs. 1-32 pp.). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E_030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf
- Ñaupas, R. L. (2018). Determinación del tensor de momento sísmico para grandes sismos en el Perú desde 1997–2017. [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15493/Naupas_mr.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortiz, R. (2021). Modelamiento estructural para determinar la confiabilidad del diseño de una edificación de tres niveles. [Tesis de grado: Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62868>
- Palacios, J., Díaz, M., & Morales, J. (2019). Analysis of structural performance of existing RC building designated as tsunami evacuation shelter in case of earthquake-tsunami scenarios in Lima city. *Tecnia*, 29(2). <http://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.704>
- Paredes, M. A. (2024). Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- Reyes, J., Riaño, A., Kalkan, E., & Arango, C. (2015). Extending modal pushover-based scaling procedure for nonlinear response history analysis of multi-story unsymmetric-plan buildings. *Engineering Structures*, 125-137. <https://quakelogic.net/Pubs/109.pdf>
- Robles, A. M. (2018). Evaluación del desempeño sismorresistente de la estructura del pabellón b de la institución educativa Ernesto Diez Canseco, Yanahuanca–Pasco–2018. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/461>

Colunche, Guevara y Chávez (2025). Nivel de desempeño...

- <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/461>
- Rolim, A. (26 de agosto de 2020). AULA 5 - Carregamento das estruturas de concreto. portal Concreto Armado : <https://www.concretoarmado.org/post/aula-5-carregamento-das-estruturas-de-concreto>
- Schumacker, R., & Lomax, R. (2016). StructuralEquation Modeling. <https://www.routledge.com/A-Beginners-Guide-to-Structural-Equation-Modeling/Whittaker-Schumacker/p/book/9780367477967>
- SEAOC. (1995). Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA.
- Shehú, R. (2021). Implementation of pushover analysis for seismic assessment of masonry towers: Issues and practical recommendations. Buildings, 11(2), 71.
- Shinde, A., & Chaturvedi, R. (2022). Behavior of RC Flat Slab Buildings Using Nonlinear Static Analysis. Journal of Structural Technology, 7(1), 16-23. <http://matjournals.co.in/index.php/JOST/article/view/109>
- Sotil, A. J., & Zegarra, J. E. (2015). Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido, [Tesis de grado, UPC]. Repositorio Academico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>
- Sullivan, T. J., Saborio, D. O., Reilly, G. J., Welch, D. P., & Landi, L. (2021). Simplified pushover analysis of moment resisting frame structures. Journal of Earthquake Engineering, 25(4), 621-648.
- Ticona, E. G., & Escobar, J. M. (2019). Eficacia de un programa educativo en el nivel de conocimiento sobre medidas preventivas ante un evento sísmico en personal de enfermería del Centro de Salud La Esperanza, Tacna 2018. [Tesis de grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3707>.
- Torres, F. A. (2023). Desplazamientos laterales en edificaciones de cinco niveles para el sistema estructural aporticado y muros portantes, ciudad de Jaén. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén].
- Urteaga, W. M. (2019). Nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la institución educativa San Ramón (anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Valdivia, L. K. (2024). Nivel de desempeño sísmico de los bloques 2 y 4 del Mercado Zonal Sur de Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Vega, G. (2020). Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio Miura

- Grill, Chiclayo. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://doi.org/https://doi.org/10.26495/icti.v6i2.1185>
- Vega, G. (2020). Simulación de colapso mediante el análisis estático no lineal, vivienda comercio Miura Grill, Chiclayo. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán].
- Vielma-Quintero, J. C., Diaz-Segura, E. G., & Vielma, J. C. (2024). Influence of the Plan Structural Symmetry on the Non-Linear Seismic Response of Framed Reinforced Concrete Buildings. *Symmetry*, 16(3), 370. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sym16030370>
- Villegas, M. A. (2019). Aplicación de Redes Neuronales para la Predicción de la Resistencia a la Compresión del Concreto Según el Ensayo de Esclerometría. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/626504>. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626504/VillegasE_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Zevallos, T. M. (2023). Análisis comparativo del desempeño sísmico de un edificio de acero y concreto armado mediante el análisis estático no lineal, en Lima. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma].

Contribución de autoría

Concepción y elaboración del manuscrito: Jhimy Colunche Regalado y Alexander Guevara Irigoin

Análisis de datos: Elmer Natividad Chávez Vásquez.

Recibido: 2-01-2025 Aceptado: 7-08-2025
Publicado: 8-08-2025