



Análisis estructural y reforzamiento por medio de muros resistentes al corte en el edificio no.27 del instituto de lenguas de la universidad técnica de Manabí

Structural analysis and reinforcement by means of shear-resistant walls in building no.27 of the language institute of the technical university of Manabí

Análise estrutural e reforço por meio de paredes resistentes ao cisalhamento no edifício nº 27 do instituto de línguas da universidade técnica de Manabí

Yury Johan Sanclemente-Nuñez^I
ysanclemente7154@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2693-3293>

Juan José Sornoza-Zambrano^{II}
jsornoza9585@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5710-4789>

Lincoln Javier García-Vinces^{III}
lincoln.garcia@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8659-3190>

Correspondencia: ysanclemente7154@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de septiembre de 2022 * **Aceptado:** 18 de octubre de 2022 * **Publicado:** 30 de noviembre de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- III. Máster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Estructura, Profesor de Tiempo Completo de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, Especialista en Cálculos de Hormigón, Especialista en Cálculos Estructurales, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

En el presente trabajo se realizó una comparación del análisis sísmico al edificio No. 27 del Instituto de lenguas de la Universidad Técnica de Manabí modelado con y sin muros estructurales usando los espectros de diseño que plantea la norma ecuatoriana de construcción (NEC-2015) y el espectro de respuesta del sismo del 16 de abril. El principal objetivo de la investigación es proponer una alternativa para el reforzamiento de la estructura debido a que se sufrieron afectaciones por el sismo del 16 de abril del 2016. Para cumplir con el objetivo de la investigación se modeló en el software Etabs y se analizaron las propiedades dinámicas de las estructuras con el fin de evaluar los desplazamientos de piso. Se ejecutaron dos análisis sísmicos, el estático y dinámico (modal espectral) se empleó el espectro de diseño que plantea la norma correspondiente a un suelo tipo “D” y además el espectro del sismo del 16 de abril con el fin de comprobar si el reforzamiento que implementamos nos da un mejor comportamiento al momento de ejecutarlo por medio de las especificaciones técnicas ya establecidas en las normas actuales. De esta investigación se puede concluir que: i) La estructura sin reforzamiento en sus modos de vibraciones representa falencias, se evidencio por el análisis que el segundo modo presenta torsión, el principal indicador que la estructura carece de rigidez. ii) La estructura con los muros de cortes presenta una mayor rigidez, erradicando los problemas de torsión, adicional su cuarto modo de vibración cumple con el 90% de la distribución de la masa. iii) El periodo natural de la estructura reforzada con muros presento un valor de 0.18 s, demostrando que se redujo en más del 50% en comparación con la estructura sin reforzamiento que presento un valor de 0.46 s. iv) Se establece que el reforzamiento con muros de corte se desempeñó de manera satisfactoria con los estándares establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción en lo relacionado a los porcentajes de participación de masa y los desplazamientos de piso.

Palabras claves: Espectros de diseño; Desplazamientos de piso; Análisis sísmico; Análisis modal espectral; Periodo natural; Rigidez lateral.

Abstract

In the present work, a comparison of the seismic analysis of building No. 27 of the Institute of Languages of the Technical University of Manabí was made, modeled with and without structural walls using the design spectra proposed by the Ecuadorian construction standard (NEC-2015) and

the response spectrum of the April 16 earthquake. The main objective of the investigation is to propose an alternative for the reinforcement of the structure due to the fact that it was affected by the earthquake of April 16, 2016. To meet the objective of the investigation, the model was used in the Etabs software and the dynamic properties of structures in order to evaluate floor displacements. Two seismic analyzes were carried out, the static and dynamic (spectral modal), the design spectrum established by the norm corresponding to a type "D" soil was used, and also the spectrum of the earthquake of April 16 in order to verify if the reinforcement that we implement gives us a better behavior when executing it through the technical specifications already established in the current standards. From this investigation it can be concluded that: i) The structure without reinforcement in its vibration modes represents shortcomings, it was evidenced by the analysis that the second mode presents torsion, the main indicator that the structure lacks rigidity. ii) The structure with the shear walls presents greater rigidity, eradicating torsion problems, additionally its fourth mode of vibration complies with 90% of the mass distribution. iii) The natural period of the structure reinforced with walls presented a value of 0.18 s, demonstrating that it was reduced by more than 50% compared to the structure without reinforcement, which presented a value of 0.46 s. iv) It is established that the reinforcement with shear walls performed satisfactorily with the standards established by the Ecuadorian Construction Standard in relation to percentages of mass participation and floor displacements.

Keywords: Design spectra; floor displacements; seismic analysis; Spectral modal analysis; Calendar period; Lateral stiffness.

Resumo

No presente trabalho, foi feita uma comparação da análise sísmica do edifício nº 27 do Instituto de Línguas da Universidade Técnica de Manabí, modelado com e sem paredes estruturais usando os espectros de projeto propostos pelo padrão de construção equatoriano (NEC -2015) e o espectro de resposta do terremoto de 16 de abril. O principal objetivo da investigação é propor uma alternativa para o reforço da estrutura devido ao fato de ter sido afetada pelo terremoto de 16 de abril de 2016. Para atender ao objetivo da investigação, o modelo foi utilizado no software Etabs e as propriedades dinâmicas de estruturas para avaliar deslocamentos de piso. Foram realizadas duas análises sísmicas, a estática e a dinâmica (modal espectral), utilizou-se o espectro de projeto estabelecido pela norma correspondente a um solo tipo "D", e também o espectro do

terremoto de 16 de abril para verificar se o o reforço que implementamos nos dá um melhor comportamento ao executá-lo através das especificações técnicas já estabelecidas nas normas vigentes. Desta investigação pode-se concluir que: i) A estrutura sem armadura em seus modos de vibração representa deficiências, ficou evidenciado pela análise que o segundo modo apresenta torção, principal indicador de que a estrutura carece de rigidez. ii) A estrutura com as paredes de cisalhamento apresenta maior rigidez, erradicando problemas de torção, além disso seu quarto modo de vibração atende a 90% da distribuição de massa. iii) O período natural da estrutura reforçada com paredes apresentou um valor de 0,18 s, demonstrando que foi reduzido em mais de 50% em relação à estrutura sem armadura, que apresentou um valor de 0,46 s. iv) Fica estabelecido que a armadura com paredes de cisalhamento atendeu satisfatoriamente aos padrões estabelecidos pela Norma Equatoriana de Construção em relação aos percentuais de participação de massa e deslocamentos de piso.

Palavras-chave: Espectros de projeto; deslocamentos de piso; análise sísmica; Análise modal espectral; Período do calendário; Rigidez lateral.

Introducción

En nuestro entorno a lo largo de la historia se han visto involucradas u afectadas múltiples edificaciones, debido a la alta peligrosidad sísmica de nuestro país. La mayoría del territorio del Ecuador se encuentra ubicado en una zona de alto peligro sísmico, la vulnerabilidad o susceptibilidad al daño de muchas edificaciones que tienen un alto grado de exposición por estar en su mayoría situadas en ciudades con alta peligrosidad sísmica como las ciudades costeras. (García Vinces, Palacios Rodríguez, Mendoza Palacios, & Rodríguez Solórzano, 2021)

A base del sismo producido el 16 de abril del 2016, el terremoto de subducción con magnitud registrada de Mw 7.8, la ciudad de Portoviejo presento múltiples afectaciones, entre esas afectaciones se vieron involucrados los edificios de la Universidad Técnica de Manabí, entre los edificios de la universidad esta el No. 27 del Instituto de Lenguas, aunque solo se veían afectaciones en elementos de mampostería, cabe recalcar que elementos estructurales no presentaron ninguna afectación, se debe tener presente que esta edificación se encuentra ubicada sobre un suelo tipo “D” correspondiente a un suelo blando siendo este vulnerable a sufrir licuación, este edificio también fue diseñado con normas antiguas, pues su construcción fue elaborada antes del 2015.

El propósito de este trabajo es realizar un análisis sísmico usando los espectros de diseño que plantea la norma ecuatoriana de construcción (NEC-2015) y el espectro de respuesta del sismo del 16 de abril. Para realizar el análisis se empleará el software Etabs, en el mismo que se modelara la estructura con y sin muros estructurales, se analizara la estructura, se evaluarán los esfuerzos globales, desplazamientos de piso, además se evaluarán las propiedades dinámicas: periodos, modos y porcentajes de masa participantes, con el objetivo de comparar la variación de los resultados, para reconocer si es viables y necesaria la implementación de los muros en el edificio.

Los muros de cortes son elementos estructurales hechos de hormigón armado capaces de soportar cargas verticales y horizontales (García Vincés et al., 2021). Las estructuras tienen una mayor capacidad para soportar cargas verticales, debido a esto los muros de corte son un implemento muy práctico para soportar cargas horizontales. Estas cargas horizontales producen oscilaciones horizontales en las estructuras que se transmiten como cargas inerciales. El Ecuador se caracteriza por tener zonas con actividad sísmica alta, por lo tanto, es muy común y acertada la aplicación de muros de corte en las estructuras para brindar un reforzamiento adecuado y que sean capaces de soportar la actividad sísmica. (Palacios Rodríguez, Zevallos Llor, García Vincés, Villacreses Viteri, & Menéndez Menéndez, 2019)

Los muros de cortes son elementos que reaccionan de buena forma ya que hacen que la edificación responda factiblemente ante un sismo moderado debido a que puede absorber mayor cantidad de energía que un sistema convencional de marcos. (Cedeño Avellaneda, 2017)

El muro que se utilizará en la modelación será un muro de corte, esto debido a que los muros de corte trabajan para fuerzas gravitatorias al igual que para fuerzas horizontales producidas por viento y sismo; no siendo así el caso de muro de carga que solamente trabaja para cargas gravitatorias. (Patiño Serrate, 2018)

Marco teórico

Análisis estructural

En Ecuador hay muchos edificios están ubicados en zonas de alta actividad sísmica que no cumplen con los requerimientos de diseño sismo resistente que exige el código actual de la NEC, tradicionalmente el análisis de estructuras sismo-resistente se ha basado en el método de diseño

basado en fuerzas (DBF) principalmente porque todas las normas del mundo se basan en este método, pero consta con algunas deficiencias en algunos tópicos de diseño. (Supe Camino, 2015) Al momento de analizar estructuras existen múltiples métodos que demuestran gran funcionalidad, una herramienta frecuentemente usada para evaluar el comportamiento de las estructuras frente a cargas horizontales es el análisis estático no lineal de carga incremental, el así llamado pushover analysis (PA). En este análisis se consideran dos variables de control que son el desplazamiento en el techo de la estructura, δ , y el contante en la base V , que dependen de las fuerzas aplicadas. (Vargas Alzate, 2013)

Rehabilitación sísmica de construcciones existentes

En la actualidad, existen muchos edificios que son vulnerables y podrían resultar dañados ante la presencia de un sismo, por eso se acepta generalmente que la denominación “rehabilitación sísmica” se aplica en los casos de construcciones existentes que no cumplen con los criterios modernos de seguridad o desempeño, de modo que se implementan mejoras en forma preventiva. En los casos en que la estructura ha sido dañada por un sismo, y su seguridad se ve comprometida, se usa normalmente el término “reparación” para designar el proceso destinado a recuperar un cierto nivel de seguridad. (García Vinces et al., 2021)

Adicionalmente, es muy relevante recalcar que, aunque el proceso de rehabilitación se basa en gran parte en aspectos estructurales, existen algunos factores que pueden condicionar el proyecto y deben examinarse, estas son el costo de la rehabilitación, limitaciones funcionales y estética del edificio, interferencia con algunas instalaciones, entre otro. Es muy factible modificar favorablemente propiedades estructurales tales como resistencia, ductilidad, rigidez, regularidad estructural, entre otro.

Estrategia de rehabilitación

La planificación de manera adecuada permite cumplir los objetivos planteados, dando solución a los problemas encontrados mediante un análisis estructural. Las estrategias de rehabilitación pueden clasificarse de múltiples formas, como pueden ser: modificación local de componentes estructurales, reducción de masa, refuerzo global de la estructura, rigidización global de la estructura, ente otros. En esta investigación se pondrá en práctica como estrategia de rehabilitación la rigidización global de la estructura.

En la ilustración 1 y 2 se puede observar que el edificio ha sufrido mejoras de fachada post terremoto, adicional a esto se puede observar que el mismo presenta grandes problemas de humedad y de continuidad del centroide de sus columnas en su eje principal.



Figura 1: Vista frontal del edificio.



Figura 2: Vista trasera del edificio, se puede presenciar que el edificio ya presenta algunos saneamientos en la fachada.

La rigidización global de la estructura, esta solución es aplicable cuando las deficiencias se originan en desplazamientos laterales excesivos y los componentes críticos no disponen de adecuada ductilidad para resistir las deformaciones así originadas (García Vincés et al., 2021). En esta investigación conviene modificar el sistema estructural, incorporando muros de corte, que ayuden a incrementar la rigidez lateral.

Muros de corte

Los muros estructurales de concreto reforzado son sistemas ampliamente utilizados en el proyecto de edificaciones sismo resistentes. Sus características resaltan de elevada rigidez y ductilidad le permiten resistir de forma muy eficiente las cargas laterales debidas a las acciones sísmicas y de viento, limitando los desplazamientos laterales de la estructura y permitiendo gran disipación de energía en las zonas diseñadas para tal fin. (Briceño & Carreras, 2013)

Por su naturaleza, las estructuras tienen mayor facilidad para soportar cargas verticales, es por eso que los muros de corte son una gran ayuda para soportar cargas horizontales. Su característica radica en que su ancho es mucho menor que las otras dos direcciones. Siendo así, proporcionan una alta rigidez en la dirección paralela a la cara del muro, por lo tanto, son capaces de soportar los esfuerzos cortantes producidos por cargas horizontales como son vientos y sismos. Estas cargas horizontales producen oscilaciones horizontales en las estructuras que se transmiten como fuerzas inerciales. (Maldoado Mora & Durán Fernández, 2013)

Los modelados adecuados deben disponer de simetría en la colocación de los muros en planta para evitar efectos de torsión producidos por cambios de rigidez, así como una baja presencia de vanos o aberturas que influyan en la respuesta estructural de la edificación.



Figura 3: Reforzamiento aplicando muros de corte en un edificio de hormigón armado

Materiales y métodos

Análisis estático

El análisis estático consiste en someter a la estructura ante cargas horizontales distribuidas a lo alto del edificio. Las demandas a las que se somete están determinadas por una fuerza asociada a la demanda espectral correspondiente al periodo fundamental de la estructura. (Presichi, 2007)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción “NEC-15” en su sección 4.5.1. indica que para el cálculo de estructuras regulares tanto en planta como en elevación se podrán aplicar procedimientos estáticos que aportan la deducción de las fuerzas laterales. Para todas las estructuras, la aplicación del método estático basado en fuerzas se considerará como un requisito mínimo.

Análisis dinámico

Con el pasar el tiempo los edificios han aumentado su altura e irregularidades, en estos casos múltiples análisis resultan poco acertados, en este caso se debe aplicar otro tipo de análisis como el dinámico. El análisis dinámico da una mejor aproximación del comportamiento real de las estructuras, pues incorpora información ignorada o indirecta considerada en el análisis estático. La diferencia entre el método estático y el dinámico consiste en la manera de considerar el posible comportamiento inelástico y la forma en que se define la excitación sísmica de diseño. (Presichi, 2007)

Se determinará el espectro de diseño en aceleración $S_a(T)$ a partir del PGA (aceleración sísmica máxima del terreno). Este método debe aplicarse de manera obligatoria en todo tipo de estructuras irregulares.

Descripción de la estructura

El edificio que se analiza en esta investigación se encuentra situado en los previos de la Universidad Técnica de Manabí, este edificio está situado sobre un suelo tipo “D”. el edificio consta con tres pisos de altura con una superficie de 243.20 m². La altura de piso típica y constante es de 3.50 m. La ilustración 4 muestra una vista en planta del edificio. Se analizarán dos estructuras de las cuales una es el edificio sin elementos rigidizadores extras y otra con reforzamientos de muros de corte, posteriormente se evalúan la variación que presentan los

resultados de esfuerzos de cortes, momentos y desplazamientos de piso todo esto aplicando el espectro de respuesta del sismo del 16 de abril y los espectros de diseño de la NEC-15.

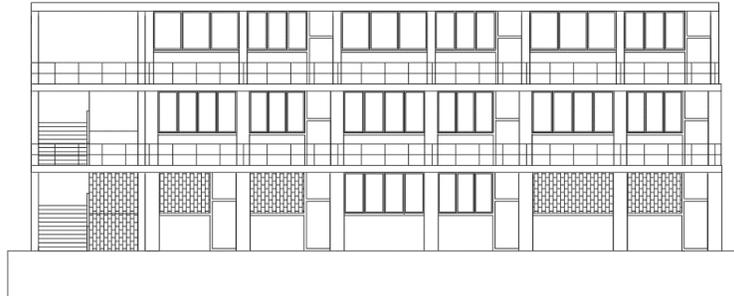


Figura 4: Elevación del edificio eje X

Los modelos matemáticos fueron realizados en el software Etabs, en la ilustración 5 se muestra una vista tridimensional, las dimensiones de los elementos geométricos fueron obtenidos in situ, por falta de datos se recurrió a trabajar con los valores mínimos establecidos en la NEC-15.

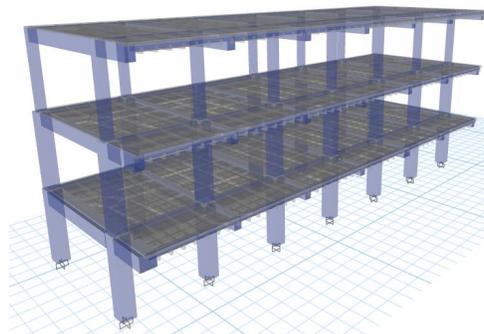


Figura 5: Vista en 3D del modelo estructural sin la inclusión de los muros.

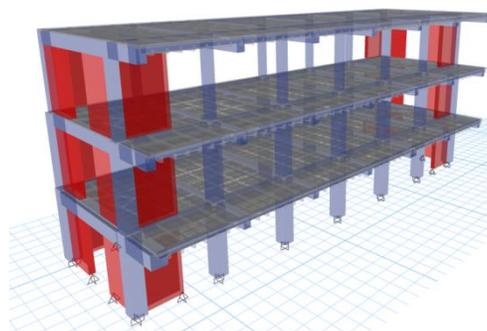


Figura 6: Vista en 3D del modelo estructural con muros.

En las edificaciones planteadas se aplicaron cargas gravitacionales y cargas sísmicas, en lo que corresponde a las cargas gravitacionales se consideran la carga permanente (peso propio y sobrecarga), en lo que corresponde a cargas sísmicas se trabaja con el espectro de diseño establecido por la NEC-15 y con los espectros de respuesta del sismo del 16 de abril.

Para este caso se escogieron datos establecidos por la NEC-15 teniendo presente que el edificio está ubicado en la región costa del país, se considera una zona sísmica VI, el suelo del edificio cumple con las características de un suelo tipo D, el coeficiente de importancia al tratarse de un instituto educativo es 1.3, en la tabla 1 y 2 se ilustran datos correspondientes al espectro de diseño.

Figura 7: Parámetros sísmicos de la estructura.

Zona sísmica	VI
Factor de zona sísmica	0.50
Factor de importancia tipo de uso o destino (Institución educativa) I	1.30
Provincia de la costa (Manabí) η	1.80
Factor de reducción de resistencia R	5.00
Irregularidad en planta ϕ_p	1.00
Irregularidad en elevación ϕ_e	1.00

Figura 8: Parámetros dependientes del tipo de suelo y la ubicación geográfica de la estructura.

Tipo de suelo	D
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.40
Altura máxima h_n en metros	10.50

Diferencia de los modelos a analizar

Estructuralmente se puede observar que un modelo va a presentar un comportamiento más rígido por la implementación de los muros de corte, se debe tener presente que compararan los dos modelos en lo que corresponde al cumplimiento de la NEC-15 y adicionalmente se aplicaran los

espectros de diseño para el tipo de suelo D establecido en las normas, a su vez se implementara el espectro de diseño del sismo de 16 de abril para realizar el análisis modal espectral.

Teniendo como resultado dos análisis modales, las estructuras serán analizadas en el software Etabs, con el objetivo de evaluar los desplazamientos de piso y los esfuerzos globales que presenten las estructuras, con la finalidad de indicar si es necesario y viable el reforzamiento de la edificación.

Resultados

Edificación sin muros de corte

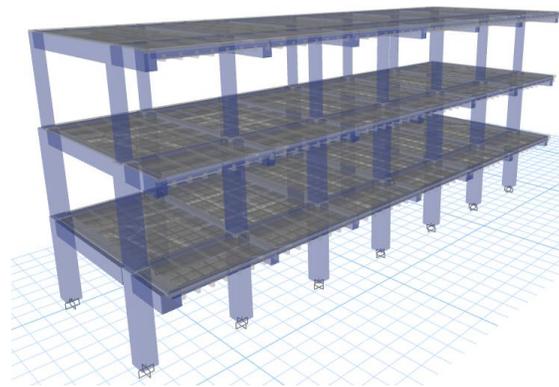


Figura 9: Participación modal de masas.

Figura 10: Desplazamientos y esfuerzos globales.

Part. de masa	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5	Modo 6	Modo 7	Modo 8
Periodo (seg)	0.46	0.41	0.37	0.17	0.17	0.15	0.08	0.08
UX	0	0.23	0.52	0.14	0	0.02	0.08	0
UY	0.76	0	0	0	0.14	0	0	0.09
RZ	0	0.53	0.23	0.02	0	0.13	0.01	0
Suma UX	0	0.23	0.75	0.89	0.89	0.91	0.99	0.99
Suma UY	0.76	0.76	0.76	0.76	0.90	0.90	0.90	1

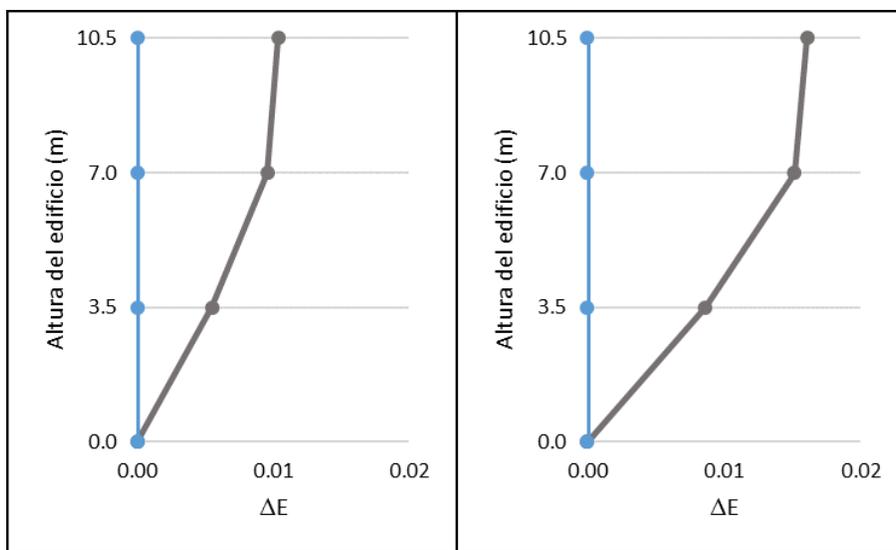
Sismo X e Y	NEC-15	Sismo 16A
-------------	--------	-----------

Derivas de Piso Max	1.17%	1.61%
---------------------	-------	-------

En la estructura analizada se observó que tiene un periodo natural de 0.46 segundos este valor está reflejado en la tabla 3, se evidencias además las propiedades dinámicas de la estructura, modos naturales de vibración y los porcentajes de participación de masa.

Se pudo evidenciar que la edificación en su primer modo de vibración tiende a desplazarse en el sentido Y, el segundo modo de vibración presenta torsión, lo que representa que la estructura necesita una mayor rigidez. Se puede añadir que la estructura cumple en el quinto modo de vibración al presentar un porcentaje mayor al 90% según lo establecido por la NEC-15.

La tabla 4 refleja los resultados de los desplazamientos de piso, estos resultados se obtienen al aplicar el análisis modal espectral empleando el espectro de diseño establecido por la NEC-15 para el tipo de suelo tipo D y el espectro de diseño del sismo del 16A, se puede observar que el espectro del sismo del 16 de abril arroja valores mayores a los obtenidos por el espectro de la NEC-15, la deriva de piso es un valor muy elevado al tratarse de una institución educativa, esta deriva refleja que la estructura presentara daños en paredes y losa.



(a) (b)

Figura 11: Deriva de piso elástica, (a) Deriva de piso del espectro NEC-15 (b) Deriva de piso del espectro sismo 16A

La ilustración 7 refleja de manera más real los desplazamientos de piso, como se observa el espectro del sismo del 16A arroja un desplazamiento mayor, representando un valor de deriva inelástica de $1.61\% < 2\%$.

Estructura con muros de corte

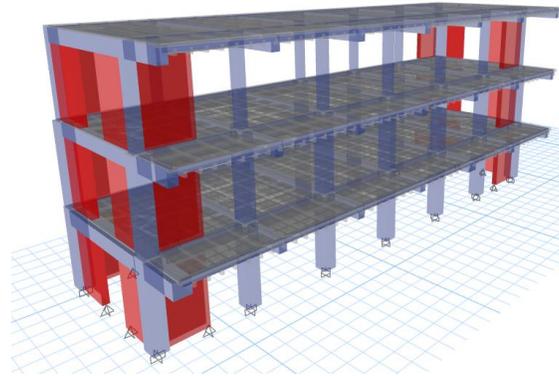


Figura 12: Participación modal de masas.

Figura 13: Desplazamientos y esfuerzos globales.

Part. de masa	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5	Modo 6
Periodo (seg)	0.18	0.17	0.12	0.05	0.05	0.03
UX	0.74	0	0	0.21	0	0
UY	0	0.76	0	0	0.20	0
RZ	0	0	0.76	0	0	0.20
Suma UX	0.74	0.74	0.74	0.95	0.95	0.95
Suma UY	0	0.76	0.76	0.76	0.95	0.95

Sismo X e Y	NEC-15	Sismo 16A
Derivas de Piso Max	0.17%	0.06%

Se obtuvieron los resultados del análisis dinámico para la estructura reforzada con muros de corte, estos resultados están reflejados en la tabla 5, al estar reforzada con muros de cortes la estructura presenta mayor rigidez, por eso se obtuvo un periodo de natural de 0.18 segundos,

además se pueden evidenciar los demás modos naturales de vibración y los porcentajes de participación de masa.

En diferencia a la estructura sin reforzamiento, esta no presenta torsión en el modo dos de vibración, en este caso el modo 1 y 2 son de traslación en los sentidos X, Y. Se evidencia que en el cuarto modo de vibración la estructura cumple con más del 90% de distribución de la masa como lo plantea la NEC-15.

En la tabla 6 se puede ver que la deriva de piso dio un resultado menor en comparación con las derivas de piso del edificio sin los muros de corte, adicional a esto se puede ver que se obtuvo un resultado mayor con el espectro de diseño de la NEC-15 para suelo tipo D en comparación con el espectro de diseño del sismo del 16A, en los desplazamientos laterales se puede aportar que ambos cumplen con lo especificado por la NEC-15.

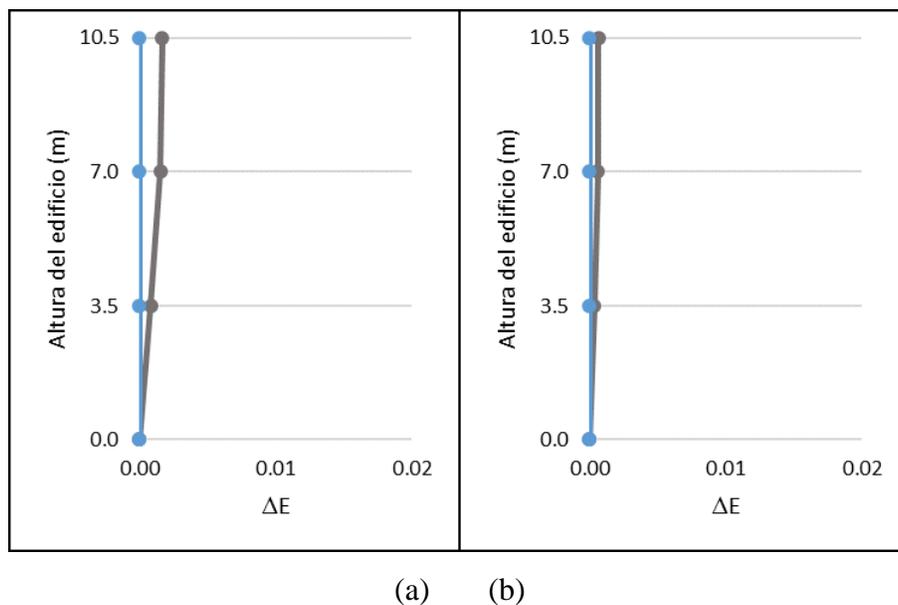


Figura 14: Deriva de piso elástica edificio rigidizado con muros de corte, (a) Deriva de piso del espectro NEC-15
(b) Deriva de piso del espectro sismo 16^a

La ilustración 8 demuestra de una forma más práctica los desplazamientos de piso, se observa la disminución considerable de las derivas debido al reforzamiento de la edificación, se puede evidenciar que el espectro de diseño de la NEC-15 arroja un desplazamiento mayor, representando un valor de deriva inelástica de $0.17\% < 2\%$.

Presupuesto del reforzamiento

Este literal refleja el gasto de la propuesta de los muros de corte, la tabla 7, muestra detalles de los rubros y el precio total de la propuesta.

Presupuesto de obra

Figura 15: Presupuesto del reforzamiento con muros de corte

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unitario	P/Total
1	Excavación manual	m ³	32.40	10.39	336.64
2	Picado de pared	m ²	168.00	0.50	84.00
3	Hormigón simple fc=280 kg/cm ²	m ³	50.40	283.67	14296.97
4	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	Kg	1870.41	2.08	3890.45
Total sin IVA					18608.05
IVA 12%					2232.97
Total con IVA					20841.02

La tabla 7 contiene los rubros y valores que referencian la construcción de los 8 muros de corte con los que se refuerza la estructura, esta tabla arroja un valor total aproximado de \$20841.02 (dólares de los Estados Unidos de América).

Conclusiones

- La estructura sin reforzamiento en sus modos de vibraciones representa falencias, se evidencio por el análisis que el segundo modo presenta torsión, el principal indicador que la estructura carece de rigidez.
- La estructura con los muros de cortes presenta una mayor rigidez, erradicando los problemas de torsión, adicional su cuarto modo de vibración cumple con el 90% de la distribución de la masa.

- El periodo natural de la estructura reforzada con muros presento un valor de 0.18 s, demostrando que se redujo en más del 50% en comparación con la estructura sin reforzamiento que presento un valor de 0.46 s.
- Se establece que el reforzamiento con muros de corte se desempeñó de manera satisfactoria con los estándares establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción en lo relacionado a los porcentajes de participación de masa y los desplazamientos de piso.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis más completo donde se pueda abarcar datos de la cimentación para evidenciar si la estructura presenta hundimiento por el incremento del peso de la estructura al agregar los muros de corte.
- En lo referente al reforzamiento con muros de corte es una opción totalmente viable, debido a que estos aportan la rigidez necesaria que necesita el edificio, además que esta técnica ya se ha utilizado antes en otro edificio de la Universidad Técnica de Manabí.

Referencias

1. Briceño, A., & Carreras, N. (2013). Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011, 165.
2. Cedeño Avellaneda, J. O. (2017). Analisis y diseño estructural de muros de corte en una edificación de 7 niveles modelado en el programa de Etabs bajo las disposiciones de la Nec-15 y ACI 318-14, 1–174.
3. García Vinces, L. J., Palacios Rodríguez, J., Mendoza Palacios, A. M., & Rodríguez Solórzano, J. C. (2021). Análisis de reforzamiento sísmico del edificio de Docentes No1 de la Universidad Técnica de Manabí. Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 6(1), 36.
4. Maldoado Mora, D., & Durán Fernández, J. (2013). Metodologías para evaluación y reforzamiento estructural de edificios de hormigon armado mediante muros de corte y fibras de carbono. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.

5. Norma Ecuatoriana del la Construcción,. (2015). Peligro Sísmico/Diseño Sísmo Resistente. Código:NEC-SE-DS.
6. Palacios Rodríguez, J., Zevallos Loor, M., García Vinces, L., Villacreses Viteri, C., & Menéndez Menéndez, E. (2019). Reforzamiento estructural con muros de corte, de edificio de la facultad de Filosofía y Letras de la Unversidad Técnica de Manabí.
7. Patiño Serrate, J. pablo. (2018). Análisis del comportamiento de muros de corte de hormigón armado, 121.
8. Presichi, D. (2007). Aplicación de los métodos estático y dinámico modal para el diseño sísmico de edificios con disipadores de energía. Universidad Nacional Autónoma de MéXico, 96.
9. Supe Camino, M. I. (2015). Estudio del comportamiento sísmico de estructuras de hormigón armado diseñados por el metodo de diseño directo basado en desplazamientos (DDBD) para tres, seis y nueve pisos. Repositorio Institucional de La Universidad Técnica de Ambato, 183. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12640>
10. Vargas Alzate, Y. (2013). Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño., 229.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).