

“Análisis Estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí”

Msc. García Vences Lincoln Javier, Msc. Palacios Rodríguez Jorge, Escobar Molina Adriana Monserrate, Zambrano Cevallos Leidy Dallana

Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí (UTM), Ave. Universitaria y Che Guevara, Portoviejo.

lincoln.garcia@utm.edu.ec, jorge.palacios@utm.edu.ec, aescobar7018@utm.edu.ec, lzambrano3375@utm.edu.ec

Recibido: 04/03/2021

Aceptado: 17/03/2021

Resumen— El Ecuador se ha caracterizado por ser un País de alto riesgo sísmico debido a que se encuentra ubicado en la zona denominada “Cinturón de fuego del Pacífico”, esta denominada así por ser la región más susceptible de experimentar los efectos de terremotos y erupciones volcánicas. Por esta razón los estudios de peligrosidad sísmica son imprescindibles para saber de la manera más precisa posible, los niveles de movimiento del terreno que deberá soportar una determinada estructura a partir de un sismo. En esta investigación se comienza con el análisis de los estudios de suelo ya realizados verificando el tipo de respuesta que tiene el suelo. De acuerdo al estudio de microzonificación sísmica se especifica las zonas donde y como se puede construir dependiendo del tipo del suelo que exista en cada sector, esto se encuentra especificado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015). En cualquier análisis estructural que se realice se debe tomar en cuenta normativas y especificaciones que garanticen un comportamiento sismo-resistente de las estructuras. Para realizar el presente estudio se aplicarán las normas y recomendaciones especificadas por el Código Ecuatoriano de la Construcción, se realizará un análisis estructural del edificio, cuenta con una cimentación de zapata corrida en dos direcciones, funciona como aulas y oficinas, está caracterizado por ser regular, cuenta con 2 bloques estructurales los cuales posee 3 niveles cada uno, son de estructuras aporticada de concreto armado, el análisis sísmico se efectuó en el programa ETABS. Una vez realizado el análisis aplicando los métodos estáticos equivalente y dinámico modal espectral se obtuvo como resultado que las derivas de piso exceden a los límites establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015) en dos bloques estructurales, por lo que se planteó la propuesta de reforzamiento estructural aumentando la sección de columnas e implementando muros de corte.

Palabras clave: Riesgo sísmico, microzonificación sísmica, fuerza cortante, deriva de piso, dinámico modal espectral.

Abstract— Ecuador has been characterized by being a country of high seismic risk because it is located in the area called “Pacific Fireinturon”, which is called the region most susceptible to experiencing the effects of earthquakes and volcanic eruptions. For this reason, seismic hazard studies are essential to know in the most precise way possible the levels of movement of the terrain that a certain structure will have to withstand from a seism. In this investigation,

analysis of soil studies already carried out by verifying the type of response of the soil. According to the seismic microzoning study, the areas where and how it can be built depending on the type of soil that exists in each sector, this is specified in the Ecuadorean Standard of Construction NEC (2015). Any structural analysis carried out must take into account regulations and specifications that ensure the same-resistant behaviour of the structures. To carry out this study, the norms and recommendations specified by the Ecuadorean Construction Code will be applied, a structural analysis of the building will be carried out, it has a foundation of strip footing in two directions, it functions as classrooms and offices, it is characterized by being regular, it has 2 structural blocks which have 3 levels each, they are of structures aporticated of reinforced concrete Once the analysis has been carried out using the static equivalent and dynamic spectral modal methods, it was obtained that the floor shifts exceed the limits set by the Ecuadorean Standard of Construction NEC (2015) in two structural blocks, so the proposal for structural reinforcement was proposed by increasing the column section and implementing cutting walls.

Index Terms—Seismic risk, seismic microzoning, shear force, floor drift, spectral modal dynamic.

I. INTRODUCCIÓN

Luego del terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016, la Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí presentó diferentes tipos de fallas en su estructura debido al movimiento telúrico. Para evaluar el daño sísmico se requiere de alguna metodología que permita analizar, de forma fiable, la vulnerabilidad sísmica de los edificios. En este caso, se usará la metodología específica que se basa en realizar análisis estructural estático y/o dinámico, para ello se necesita conocer las dimensiones en planta y alzado, las secciones, las propiedades mecánicas de los materiales, por otro lado, también se necesita conocer la acción sísmica a la que se someterá el edificio (espectros de respuesta, fuerzas laterales equivalentes).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento estructural de cada uno de los bloques del edificio, una vez obtenidos los resultados y analizando si estos cumplen con las disposiciones dadas en la Norma Ecuatoriana

de la Construcción (NEC, 2015), se busca implementar sistemas de reforzamiento para mejorar el desempeño sísmico de las estructuras existentes, logrando así estabilizar la estructura ante un posible evento telúrico.

A consecuencia de los eventos sísmicos, las estructuras de las edificaciones tienden a sufrir daños, los cuales deben ser examinados y analizados para dar su respectiva evaluación y así tomar las medidas adecuadas para su uso, ya que ante los posibles sucesos telúricos la vulnerabilidad de las estructuras queda expuesta, por lo cual repercute directamente en el comportamiento del todo el sistema [1].

El análisis estructural es lo primordial en cualquier proyecto de Ingeniería estructural, el cual se basa específicamente en el comportamiento que presenta la estructura, cada sistema estructural cumple una función directa con la forma, diseño, en sí, se espera a que cumpla con la necesidad de estabilizar lo que se construye y que soporte tanto las cargas propias de la edificación como las cargas externas bajo las cuales estará sometida, esta aplicación de cargas generan deformaciones, estos esfuerzos son los que producen fuerzas en las componentes que constituyen la estructura [2].

Las conexiones entre elementos estructurales son puntos críticos, aparecen grietas diagonales y fallas por adherencia entre el concreto y el acero, anclaje insuficiente del refuerzo longitudinal y esfuerzos excesivos de flexión. Las irregularidades de alturas de entrepisos, que repercuten en cambios bruscos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de la energía al momento del sismo se concentre en los pisos flexibles, produciendo sobre-solicitación en los elementos estructurales. Las irregularidades en planta, de masa, rigidez y resistencia, pueden originar torsión, lo cual genera esfuerzos adicionales difíciles de evaluar [3].

Cuando una estructura no cumple con los requerimientos de resistencia y esta a su vez es una estructura existente, es necesario implementar técnicas de un debido reforzamiento estructural que incremente su estado de serviciabilidad, capacidad de carga y estándares de seguridad, para así prevenir más tipos de falla. Las técnicas de reforzamiento pueden afectar las propiedades auténticas de la estructura ocasionado variaciones en la rigidez, ductilidad, fragilidad, amortiguamiento etc. Por lo tanto, tienen que ser tomadas en cuenta al modificar la capacidad de carga de la estructura.

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 [4].

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

1. Materiales

En esta investigación se recolectó información mediante solicitudes, las cuales fueron brindadas por el Departamento de Obras de la Universidad Técnica de Manabí, en estas constaban los planos, estudios de suelos, los mismo que ayudaron para la realización de esta investigación.

El edificio considerado en esta investigación está ubicado en la Universidad Técnica de Manabí, según datos recolectados está asentado en un suelo tipo “D”, el edificio está estructurado de columnas de (30cm*40cm), vigas de (25cm*35cm) y (25 cm*45cm), losa con un espesor de 20 cm y presenta 3 niveles de piso, la altura de piso típica y constante es de 2.84 m, en la Fig.1 se puede apreciar la vista frontal de uno de los bloques de la Facultad y en la Fig.2 y 3 la vista en planta de los bloques del edificio, se analizarán los dos bloques ya a pesar que el bloque izquierdo es espejo del derecho este tiene agregado 2 pantallas de hormigón, ubicadas en la planta baja, hasta el primer piso en el bloque izquierdo, seguidamente se evaluarán la variación que presentan los resultados de desplazamientos de piso, empleando el espectro de respuesta del sismo del 16 de abril y los espectros

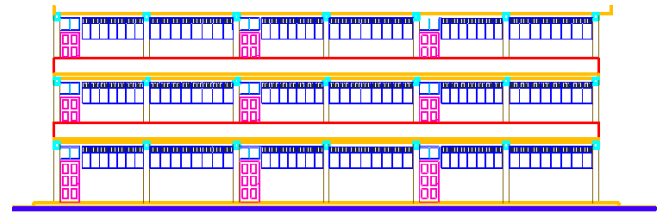


Fig.1 Vista frontal del bloque del edificio.

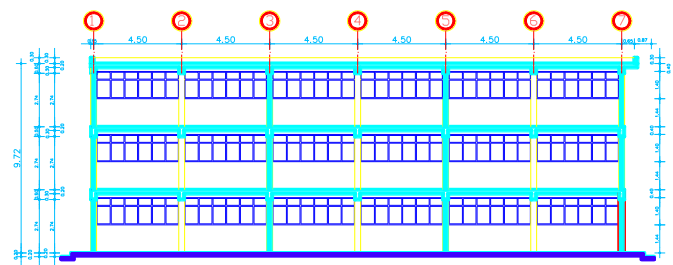


Fig.2 Vista en planta de los bloques del edificio.

de diseño implantados en la NEC-2015.

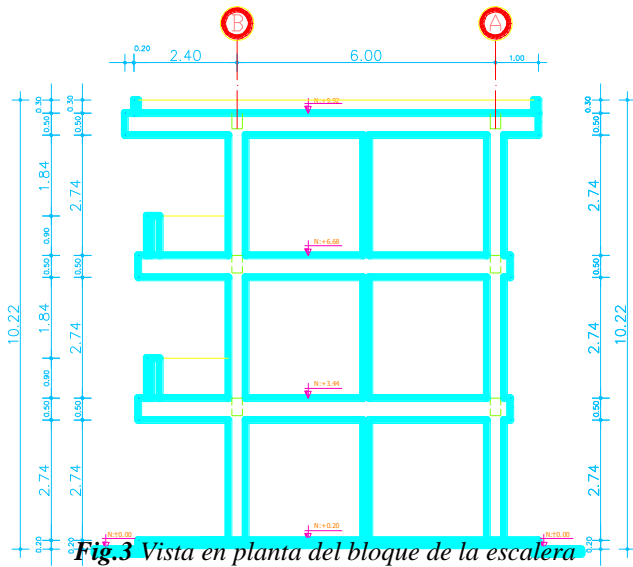


Fig.3 Vista en planta del bloque de la escalera

2. Metodología.

Los modelos computacionales de los bloques del edificio fueron realizados en el software computacional de Etabs, en la Fig. 4 y 5 se muestran una vista tridimensional, las dimensiones geométricas de los principales elementos estructurales considerados en los modelos estructurales se obtienen de la información disponible en los planos estructurales del edificio a analizar.

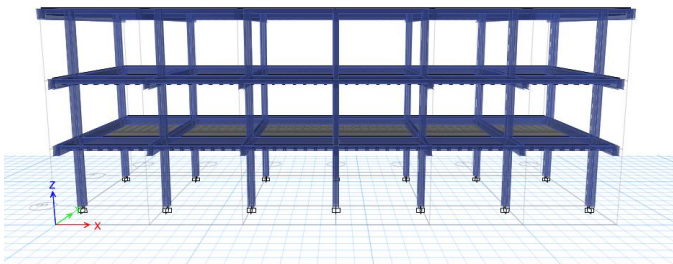
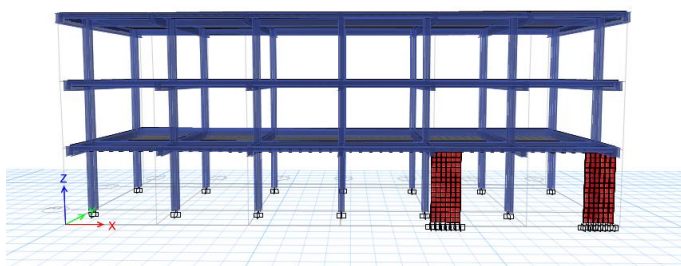
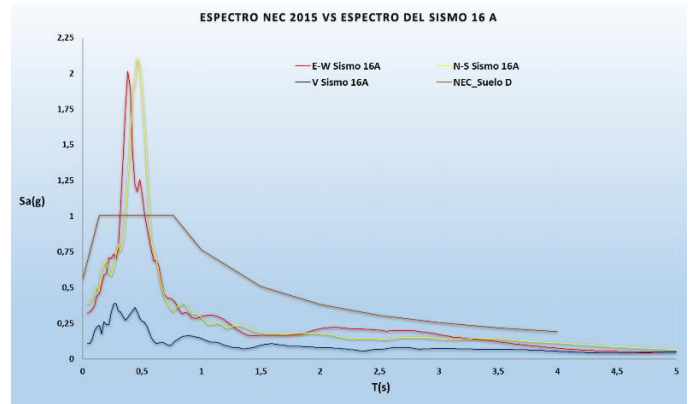


Fig.4 Bloque derecho de la Facultad de Humanística de la UTM.



En las estructuras se consideran cargas gravitacionales y cargas sísmicas. Para las cargas gravitacionales se consideran el peso propio y la sobrecarga. Para las cargas sísmicas se toman

los espectros de diseño establecidos por la NEC-2015 y el espectro de respuesta del sismo del 16 de abril. En la Fig.6 se muestra la comparación de los espectros de respuesta que se emplearan a cada estructura.



Para este estudio se considera que la estructura se encuentra

Fig.6 Comparación de los Espectros de respuesta del sismo 16A vs Espectro de diseño NEC 2015

en zona sísmica VI, con un coeficiente de importancia de $I=1.3$. El suelo a emplear es tipo D, El factor de reducción de resistencia sísmica $R=5$, las tablas 1 se muestra los parámetros que se consideraran.

Parámetros sísmicos de la estructura	
Zona sísmica	VI
Factor de zona sísmica	0.5
Provincias de la costa (excepto Esmeraldas) η	1.8
Factor de Importancia I	1.3
Factor de reducción de resistencia R	5
Irregularidad en Planta ϕ_p	1
Irregularidad en Elevación ϕ_e	1
Parámetros dependientes del tipo de suelo	
Suelo tipo	D
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.4

III. MARCO TEÓRICO

A. Alcance de terremoto de 16 de Abril del 2016.

Los primeros registros de un terremoto de gran magnitud en Ecuador se dieron el 16 de abril, sin duda estos han puesto en evidencia la necesidad de realizar estudios de peligrosidad sísmica para determinar espectros, con el fin de reforzar las estructuras y emprender nuevos proyectos de construcción [5].

El impacto y nivel de destrucción del sismo fue de tal magnitud que algunas zonas de la ciudad fueron devastadas, con un colapso de edificaciones comerciales, centros educativos, etc, evidenciando que estos daños se debieron a que contaban con poco refuerzo, o en algunos casos sin éstos, en consecuencia, fueron los más afectados, debido a su alto grado de vulnerabilidad. Se detectaron además algunas formas de fallas indeseables como agrietamiento diagonal, choque entre edificios vecinos y asentamientos diferenciales [6].

Portoviejo fue afectada con una intensidad de 7 EMS (Escala Macrosísmica Europea) es decir una intensidad de sismo dañino, lo que se vio reflejado en daños moderados en las estructuras como fisuras en la mampostería, grietas en losas y fracturas en recubrimientos de paredes y pisos [7].

La mayor parte de la población en nuestro país se encuentra asentada en las zonas de convergencias de placas tectónicas con una amenaza sísmica entre intermedia y alta, es importante conocer el tipo de suelo en el cual se implantará una edificación. La Facultad de Humanística se encuentra edificada en suelo tipo D, estos suelos se clasifican por ser blandos, al momento de un evento sísmico, las vibraciones emitidas pueden provocar licuaciones en el suelo a su vez que la estructura colapse.

En este caso la Facultad de Humanística de la UTM, ilustrada en la Fig.7, se observa aparentemente estable y en buenas condiciones para la actividad por la cual se construyó, mas sin embargo presenta daños en elementos no estructurales y



a)

b)



c)

Fig.8. Daños producidos Post-terremoto del 16 A; fig. a) y b) daños de mampostería; fig. b) problema de columna corta.

Fig.5 Bloque izquierdo de la Facultad de Humanística de la UTM.

Tabla 1. Parámetros sísmicos de la estructura y parámetros dependientes del tipo de suelo.

presencia de algunas grietas dentro de la estructura, como se puede apreciar en la Fig.8



B. Peligrosidad sísmica

Ecuador se encuentra ubicado dentro del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo que su actividad sísmica es alta, el peligro sísmico en Ecuador está regido principalmente por dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e intraplaca), y de tipo corticales (superficiales). En cada una de estas fuentes se lleva a cabo un proceso de acumulación y liberación de energía independiente del que ocurre en las demás fuentes, el proceso de subducción de la placa de Nazca, genera una alta sismicidad en su recorrido (buzamiento hacia el este), por este proceso, los eventos sísmicos en la costa ecuatoriana tienen poca profundidad y en la región oriental tienen profundidades mayores a 200 km. La mayoría de los sismos en Ecuador ocurren como consecuencia del proceso de subducción [8].

La amenaza sísmica no constituye un riesgo si no es acompañada por estructuras vulnerables, a pesar de que en la NEC-2015 hace énfasis en el estudio sísmico y como es el

Fig.10 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

proceso constructivo frente al mismo , en nuestro país la mayoría no lo toman en cuenta, por este motivo el sismo del 16A provocó daños devastadores en varias ciudades del País, causando daño parcial y llegando al punto de que las estructuras colapsaran en su totalidad , esto hizo que hubiera causa de víctimas , disturbios social y muchas pérdidas económicas, es indispensable diseñar y construir edificaciones que soporten

Fig.7 Edificio de Facultad de Humanística UTM Post-terremoto del 16 A.

eventos sísmicos sin colapsar, teniendo daños mínimos o que no presenten ni un daño en sus elementos.

Las edificaciones situadas en ciudades con alta peligrosidad sísmica así como de las construidas antes de la vigencia de los códigos de construcción sísmo resistentes, o de las estructuras que han sufrido modificaciones en su configuración estructural, necesitan de un estudio de peligro sísmico, el cual permitirá caracterizar de la manera más precisa posible, los niveles de movimiento del terreno que deberá soportar una determinada estructura, por falta de certeza en conocer sismos futuros se utiliza un análisis probabilista de amenaza sísmica con la finalidad de tratar de predecir y modelar el comportamiento

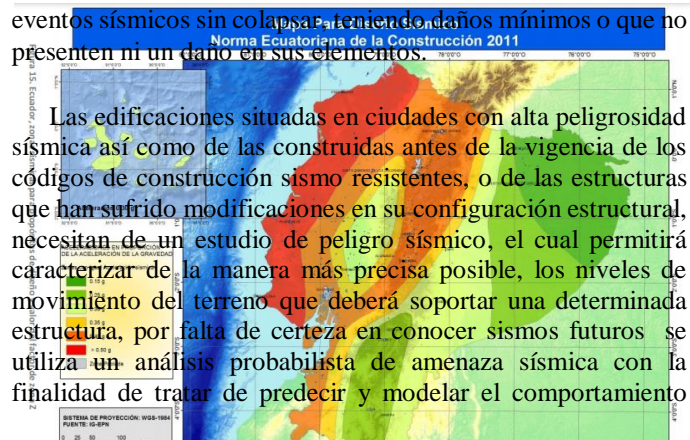
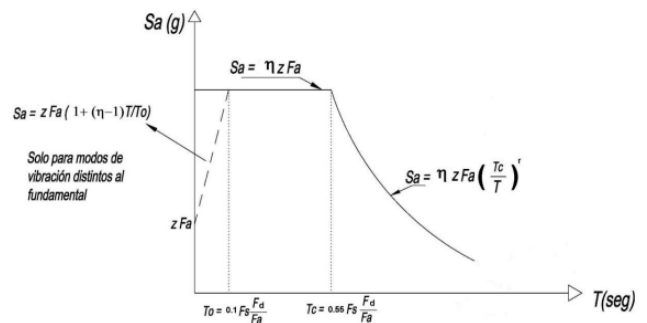


Fig.11 Comparación de los Espectros de respuesta del sismo 16A vs Espectro de diseño NEC 2015

sísmico de la región de interés [9].

C. Espectro de diseño sísmico

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad (Sa), para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la Fig.10, consistente con el factor de zona sísmica Z apreciado en la Fig.11, el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores del coeficiente de amplificación o de amplificación de suelo. Dicho espectro, obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05.



Las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes, por lo tanto, los espectros de respuesta elástica o inelástica, descritos previamente, no pueden utilizarse para el diseño sismo



Fig.12 Armado de Encamisado de Hormigón.

resistente. Por esta razón, el diseño o verificación de las construcciones sismo resistentes se realiza a partir de espectros que son suavizados (no tienen variaciones bruscas) y que consideran el efecto de varios terremotos, es decir que representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona, estos se obtienen generalmente mediante procedimientos estadísticos [10].

D. Metodología de Reforzamiento estructural de hormigón armado.

Luego de lo acontecido del terremoto del 16 A, es necesario proponer un sistema estructural que sea capaz de brindar un reforzamiento adecuado y que sean capaces de soportar la actividad sísmica, y con esto es necesaria la selección del tipo de sistema estructural resistente a cargas laterales, ya que es uno de los factores esenciales para poder cumplir con el objetivo de obtener la propuesta de mejor comportamiento, adaptada a la arquitectura que cumpla con su función y se mantenga dentro de rangos de gastos económicos aceptables.

ENCAMISADO DE COLUMNA

Es la forma de reforzar un elemento que ha sufrido cambios en su capacidad resistente, envolviendo el elemento estructural actual con una sección adicional de concreto convenientemente armado (aumentando la sección del elemento), reforzándolos frente a compresión, flexión, cortante y torsión garantizando el trabajo simultáneo entre diferentes elementos [11].

Realizar encamisado de columna como un método adicional de reforzamiento también evita impactos negativos en obra, puesto que ofrece menos costo y mayor rapidez de ejecución, el concreto es uno de los materiales más usados para estos fines estructurales, ya que funciona muy bien y es compatible con la normatividad actual, se propone como solución la ejecución de un recrido o encamisado por medio de concreto armado, como se observa en la Fig.12, con el fin de proveer de la resistencia adecuada a los elementos estructurales permitiendo así una transferencia satisfactoria de esfuerzos entre la antigua estructura y el refuerzo actual, para brindar seguridad de vidas.

Una de las dificultades de reforzar las columnas aumentando su sección y adicionando acero longitudinal y transversal, es encontrar la manera de mejorar la ductilidad armando las varillas centrales de las columnas con estribos para evitar el pandeo lateral durante un sismo. Es importante la aplicación de resinas epóxicas para la adhesión entre el concreto viejo y el nuevo del encamisado [12].

MURO DE CORTE

Fig.14 Partes de un muro rectangular simple.

Los muros estructurales, o muros cortantes como también se les conoce, están definidos como elementos de concreto armado con un “desarrollo en altura de gran magnitud, contra un ancho intermedio y un espesor pequeño” los cuales se diseñan para resistir combinaciones de momentos flectores, fuerzas cortantes y fuerza axial tal como se muestra en la Fig.13. La concepción geométrica les proporciona a los muros estructurales una rigidez apreciable en la dirección de su plano, por lo que ubicándose en una distribución coherente en una estructura puede dotársele de resistencia considerable, pero sobre todo de una elevada rigidez y ductilidad, además de mejorar la utilización de los espacios desde el punto de vista arquitectónico [13].

La gran mayoría de las edificaciones actuales son diseñadas y construidas con muros de corte, fig.14, sin embargo, se puede aplicar muros de corte a estructuras existentes que no cumplen con servicialidad y necesitan un reforzamiento [14].

Debido a que la función de los muros de corte es rigidizar a la estructura, estos deben:

- Limitar los desplazamientos laterales, de manera que se disminuyan los daños en elementos no estructurales (mamposterías, etc.)
- Aumentar la rigidez tridimensional de la estructura, disminuyendo los períodos de vibración.

- Limitar las derivas de piso [15].

IV. RESULTADOS

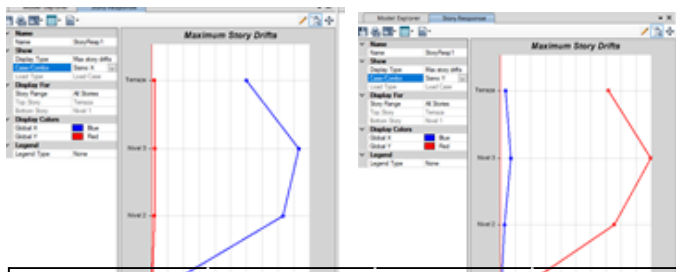
A continuación, desglosaremos los resultados de los 3 bloques de la Facultad de Humanística.

A. Resultados de modelación sin reforzamiento.

1. Análisis de bloque derecho

Para el análisis de los 3 bloques se usó el método espectral, aplicando los espectros de la NEC-2015 y del sismo del 16 A obtenidos en la ciudad de Portoviejo, en la tabla 2 y Fig. 15, se muestran las derivas de piso respectivas donde se logra apreciar que la máxima derivas se dieron en sismo X y Y, sobrepasando al 2% que es el límite estipulado en la NEC-2015.

BLOQUE DERECHO			
Derivas Inelásticas máx.			
PISOS	Terraza	Nivel 3	Nivel 2
Drift en X	0.011974	0.018625	0.016598
Sismo en X (%)	4.49%	6.98%	6.22%
Drift en Y	0.014336	0.019905	0.015091
Sismo en Y (%)	5.37%	7.46%	5.65%
CONTROL	2%	2%	2%



BLOQUE IZQUIERDO			
Derivas Inelásticas máx.			
PISOS	Terraza	Nivel 3	Nivel 2
Drift en X	0.012231	0.016985	0.009054
Sismo en X (%)	4.58%	6.37%	3.39%
Drift en Y	0.014716	0.018903	0.013639
Sismo en Y (%)	5.52%	7.09%	5.12%
CONTROL	2%	2%	2%

2. Análisis de bloque izquierdo

Este bloque es paralelo al bloque derecho, con la diferencia que en este se encuentran ubicados 2 muros de pantalla en el eje

5 y 6, como se muestra en la fig. 5, teniendo como dimensiones

BLOQUE DE ESCALERA			
Derivas Inelásticas máx.			
PISOS	Terraza	Nivel 3	Nivel 2
Drift en X	0.003527	0.001541	0.001093
Sismo en X (%)	1.32%	0.57%	0.08%
Drift en Y	0.001987	0.002434	0.004788
Sismo en Y (%)	0.75%	0.91%	1.79%
CONTROL	2%	2%	2%

de muro 1.45cm de ancho y 10 cm de espesor, en la planta baja

Fig.13 Fuerzas dentro y fuera del plano del muro.

del edificio. Sin embargo, estos no han sido de total ayuda para que cumpla con las derivas de piso especificadas, encontrando la máxima deriva en el nivel 3, datos apreciados en tabla.3 y Fig.16.



Tabla.4 Análisis de derivas de piso, Bloque de escalera

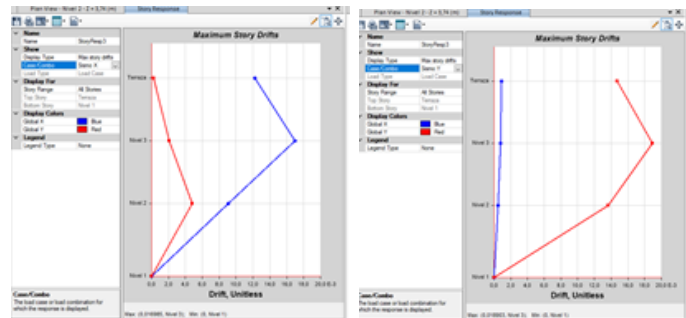


Tabla.3 Análisis de derivas de piso, Bloque izquierdo.

BLOQUE CON REFORZAMIENTO			
<i>Tabla.5 Análisis de derivas de piso, Bloque reforzado. Derivas Inelásticas máx.</i>			
PISOS	Terraza	Nivel 3	Nivel 2
Drift en X	0.003063	0.002764	0.001292
Sismo en X (%)	1.14%	1.04%	0.48%
Drift en Y	0.002356	0.00211	0.00097
Sismo en Y (%)	0.88%	0.79%	0.36%
CONTROL	2%	2%	2%

Tabla.2 Análisis de derivas de piso, Bloque derecho.

Fig.16 a) Curva de derivas de piso en sentido X, b) Curva de derivas de piso en sentido Y.

3. Análisis de bloque central

En este bloque se tomaron las mismas consideraciones que la anterior, solo que este tiene las escaleras, como se puede observar en la fig.17, los resultados de las derivas inelásticas se encuentran en tabla.4 y Fig.18, las derivas máximas se dieron en sismo en X la terraza y en sismo en Y en el nivel 2, las cuales están en el rango del 2% como límite especificado en la NEC-2015.

a) b)

Fig.18 a) Curva de derivas de piso en sentido X, b) Curva de derivas de piso en sentido Y.

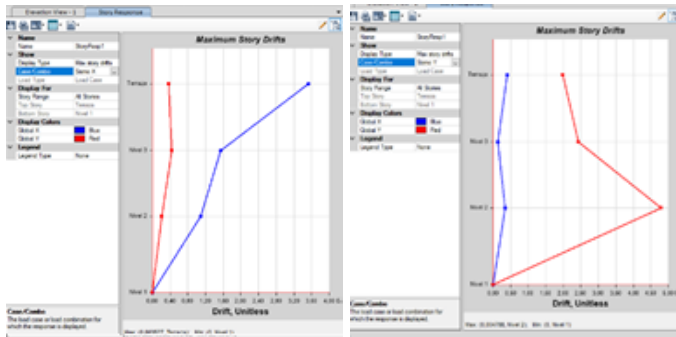
B. Resultados de modelación con reforzamiento.

Reforzamiento del bloque.

Luego del Análisis de los bloques se pudo constatar que los bloques sobrepasan el límite de derivas mencionadas en la NEC-2015, cabe indicar que el bloque derecho tiene las mismas dimensiones y características que el bloque izquierdo, por esta razón se reforzará un solo bloque en representación de ambos. Se realizó un reforzamiento de encamisado de columnas, con sección de (50cmx60cm), incorporando muros de corte en L, en los extremos del bloque, y en la parte central muros rectangulares de 20cm de espesor en los ejes 3 y 5 correspondientes a los ejes A y B, como se aprecia en la fig.19

En la tabla.5 y fig. 20 se muestran los resultados de la deriva de piso inelástica obtenidas después de realizar el análisis modal espectral, empleando los espectros de diseño de la NEC-2015, espectro del SISMO DEL 16A y espectro de PELIGRO SÍSMICO 475 AÑOS, cumpliendo con los límites permisibles estipulados por la NEC-2015.

Fig.17 Bloque central de la Facultad de Humanística de la UTM.



En la tabla.6 están los resultados de la participación modal de masas que muestran el comportamiento de la estructura, en el modo 1 y 2 su vibración es translacional, en el modo 3 rotacional y en el modo 5 alcanza una participación modal de masa superior al 90% como lo establece la NEC-15.

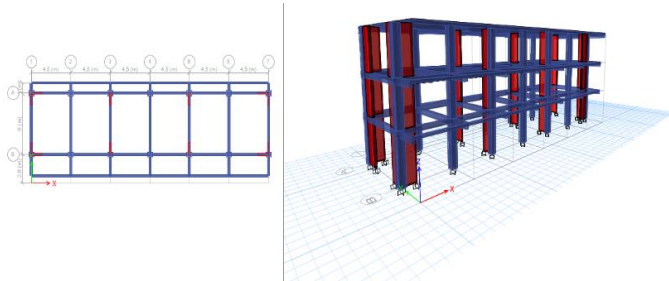
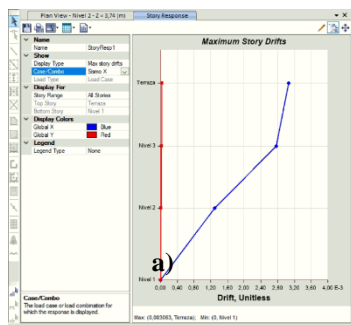
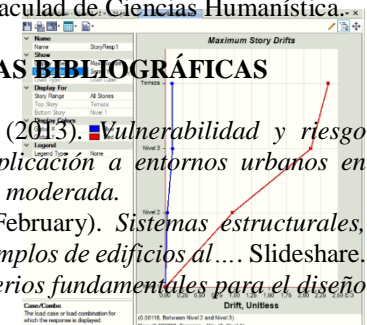


Fig.19 Bloque con reforzamiento de la Facultad de Humanística de la UTM.

Participacion modal de masas			
Part. De masas	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Periodo (seg)	0,52	0,41	0,35
UX	0,85	0	0
UY	0	0,85	0
RZ	0	0	0,84



b)



V. CONCLUSIONES

- Al analizar los 2 bloques tanto izquierdo como derecho se constato que las dreivas de piso sobrepasan al limite estipulado en la NEC-2015,observándose desplazamientos máximos del 7%, debido a este resultado se notó la deficiencia de la estructura,por lo que optó reforzar con muros de corte y encamisado de columna para poder cumplir con lo que esta estipulado en la NEC-2015.
- Al analizar el bloque de la escalera se pudo observar que las derivas de piso estan dentro del rango admisible, consumando lo descrito en la NEC-2015, a lo que se concluyó que no es necesario realizarle un reforzamiento.

- Las 2 pantallas de hormigon existente ubicados en la planta baja hasta el primer piso en el bloque izquierdo afectan al buen funcionamiento de la estructura
- El Edificio De Ciencias Humanísticas se mostró muy flexible frente al sismo del 16A , después del terremoto y en la actualidad se encuentra estable en condiciones aceptables para lo que se construyó, sin embargo se le realizó un análisis sísmico post-terremoto que nos ayudó a entender que la estructura no es capaz de resistir otro sismo de igual o mayor magnitud por sus grandes desplazamientos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los ensayo de extracción de núcleo de hormigón, esclerometria, escaneo de acero , corrosión de acero , ultra sonido del hormigón para conocer la calidad de los materiales especialmente del hormigón y obtener así un valor adecuado de la resistencia en toda la estructura de la Facultad de Humanistica, ya que se asumió un F'c = 21 Mpa para el análisis , este dato no constaba en los planos facilitados por el Departamento de Obras de la Universidad, sin embargo ellos sugirieron usar la resistencia antes mencionada.
- Realizar estudios de suelos completos para verificar el tipo real y el período del suelo de acuerdo a la norma NEC-2015.
- Se recomienda demoler las 2 pantallas de hormigón existente ubicados en la planta baja hasta el primer piso en

Tabla.6 Participación modal de masas.

el bloque izquierdo de Facultad de Ciencias Humanística.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Díaz, B., & León, R. (2013). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada.

[2] Hernández, K. (2017, February). Sistemas estructurales, armonía estructural, ejemplos de edificios al.... Slideshare.

[3] Blanco, M. (2012). Criterios fundamentales para el diseño

Fig.20 a) Curva de derivas de piso en sentido X, b) Curva de derivas de piso en sentido Y.

sismorresistente fundamental criteria for the seismic-resistant design (Vol. 27).

[4] Maldonado, D., & Dúran, J. (2013). Pontificia universidad católica del ecuador facultad de ingeniería escuela de civil disertación de grado previo a la obtención del título de ingeniero civil "metodologías para evaluación y reforzamiento estructural.

[5] Aguilar, R., García, L., Zevallos, M., Palacios, J., & Menéndez, E. (2016). Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía, el terremoto de Ecuador del 16 de

- abril de 2016. *Education*, 22(October), 296.
- [6] Roldan Pinargote, E. F., Suárez Balcázar, R. M., García Vines, L. J., & Loor Zevallos, M. G. (2019). *Análisis estructural del edificio de docentes N° 1 de la Universidad Técnica de Manabí, comparando los espectros sísmicos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, el determinado por el estudio de la microzonificación sísmica de Portoviejo*, y e. *Revista Riemat*, 4, 1–7.
- [7] Rosero, A., Sebastián, P., Cabrera, A., & Gabriela, S. (2019). *Propuesta de reforzamiento de un edificio afectado en el sismo del 16 de abril de 2016 ubicado en la ciudad de Portoviejo utilizando disipadores de energía de fluido viscoso*. 205.
- [8] Guayan, M. (2017). *Comparación del comportamiento estructural del edificio de aulas de la facultad de ingeniería, universidad central del ecuador, empleando el método tradicional (nec-14) y el método de aislación sísmica*. In *Jurnal Sains dan Seni ITS* (p. 150). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf><http://iskal.kemenkeu.go.id/ejournal><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powte.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1>
- [9] Quinde Martínez, P. D., & Reinoso Angulo, E. (2016). *Estudio De Peligro Sísmico De Ecuador Y Propuesta De Espectros De Diseño Para La Ciudad De Cuenca*. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 26(94), 1–26. <https://doi.org/10.18867/ris.94.274>
- [10] Fortty Barberan, G. A. (2019). *Análisis comparativo de los espectros de diseño propuestos por las normativas asce 7-16 y nec-se-ds-15 frente al espectro de respuesta del 16-a para las condiciones sísmicas de la ciudad de manta*. 106.
- [11] Giraldo Vargas, M. A. (2018). *Encamisado en concreto armado para el refuerzo de vigas y columnas de una edificación*. 67
- [12] Abeiga Alcivar, N. S. (2016). *Análisis y diseño de reforzamiento de estructuras de hormigón armado deficientes, con estructura metálica; para evitar el colapso mediante la acción de un movimiento sísmico*
- [13] Malav, J. (2017). *Comparación del diseño de muros estructurales de concreto armado según FONDONORMA 1753:2006 y ACI 318–14*. *Revista INGENIERÍA UC*, 24(1), 125–137.
- [14] Maldonado Mora, D., & Fernández Durán, J. (2013). *Metodologías para la evaluación y reforzamiento estructural de edificios de hormigón armado mediante muros de corte y fibras de carbono*, 66(1997), 37–39.
- [15] 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.



Escobar Molina Adriana Moncerrate, Estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.



Zambrano Cevallos Leidy Dallaba, Estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.



García Vincés Lincoln Javier, Master en Ciencias de la Ingeniería, Mención Estructuras, Profesor Tiempo Completo de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, en la Carrera de Ingeniería Civil, Especialista en Cálculos de Hormigón, Especialista en Cálculos Estructurales, Coautor del libro: Reforzamiento de Estructuras con Disipadores Sísmicos (2016).



Palacios Rodríguez Jorge Luis, Master en Ciencias de la Ingeniería, Mención Estructuras, Profesor Tiempo Completo de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, en la Carrera de Ingeniería Civil, Especialista en Cálculos de Hormigón, Especialista en Cálculos Estructurales, Coautor del libro: Reforzamiento de Estructuras con Disipadores Sísmicos (2016).