

**“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 EL ESPECTRO DE RESPUESTA DEL SISMO DEL 16A ELABORADO CON LOS DATOS REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN PORTOVIEJO, POSTERIOR AL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016.”**

*Roldán Pinargote Erick Franklin; Suárez Balcázar Ruber Marcelo; Msc. García Vínces Lincoln Javier; Msc.*

*Zevallos Loor Marcos Geovanny*

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo*

[eroldan8661@utm.edu.ec](mailto:eroldan8661@utm.edu.ec); [rsuarez9005@utm.edu.ec](mailto:rsuarez9005@utm.edu.ec); [ljgarcia@utm.edu.ec](mailto:ljgarcia@utm.edu.ec); [zevallos@utm.edu.ec](mailto:zevallos@utm.edu.ec)

**Resumen**— Se puede afirmar que el Ecuador es un país de alto riesgo sísmico, el cual es analizado y evaluado mediante un análisis detallado que partirá de la estimación a través de una investigación de campo, se tiene que recolectar muestras de suelo para llevarlas al laboratorio y determinar el tipo de respuesta que tiene el suelo y las edificación en cualquier fenómeno natural que se pueda presentar en cualquier momento imprevisto, y se podrá tener un sistema para el control en construcciones, que consistirá en la aplicación de la Norma ecuatoriana de Construcción – NEC. El estudio de Microzonificación sísmica del cantón Portoviejo especifica las zonas donde y como se puede construir dependiendo del tipo del suelo que exista en cada sector. Estos estudios se piden en la Norma ecuatoriana de Construcción y que sirve de referencia para conocer varios tipos de suelos que existen. Ecuador en su costa oriental del océano pacífico forma parte del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico” que se especifica por ser una de la zona del planeta que esta denominado como tal debido a que es la región más susceptible de experimentar los efectos de terremotos y erupciones volcánicas. Se lo caracteriza de tal manera ya que se puede apreciar muchos cambios en la superficie del planeta como respuestas a la interacción de las llamadas placas tectónicas. Para el caso del Ecuador, la interacción entre las Placas Sudamericanas y la Placa Nazca genera una zona de subducción frente a las costas y varias zonas tectónicamente que produce grandes sismos dentro al país. Los terremotos, son el resultado de la rotura de las rocas, liberando súbitamente energía en un punto determinado de la corteza terrestre. Se transmiten en forma de ondas sísmicas que se propagan alejándose de su punto de origen, de igual manera que en un estanque lo hacen las olas al alejarse del punto donde arrojamos una piedra. El hipocentro se denomina al lugar bajo la Tierra en donde se procrea un sismo, y epicentro su proyección hacia la superficie. Se puede afirmar que la contaminación ambiental según la conocemos, resulta consustancial a los modelos tradicionales del desarrollo. Cuanto un país se desarrolla más y más, la sociedad tiende a afligir más y la contaminación se produce como un resultado.

**Palabras claves:** Microzonificación Sísmica, Terremoto, Suelos Blandos, Norma Ecuatoriana de la Construcción, Análisis Estructural.

**Abstract**— It can be affirmed that Ecuador is a country with a high seismic risk, which is analyzed and evaluated by means of a detailed analysis that will start from the estimation through a field

investigation, soil samples have to be collected to take them to the laboratory and determine the type of response that the soil and

buildings have in any natural phenomenon that may occur at any unforeseen moment, and a system for construction control may be available, which will consist in the application of the Ecuadorian Construction Standard - NEC. The study of seismic microzonation of the Portoviejo canton specifies the areas where and how it can be built depending on the type of soil that exists in each sector. These studies are requested in the Ecuadorian Construction Standard and which serves as a reference to know several types of soils that exist. Ecuador on its eastern coast of the Pacific Ocean is part of the so-called "Pacific Belt of Fire" that is specified as one of the area of the planet that is named as such because it is the region most susceptible to experiencing the effects of earthquakes and Volcanic eruptions. It is characterized in such a way as many changes in the planet's surface can be seen as responses to the interaction of the so-called tectonic plates. In the case of Ecuador, the interaction between the South American Plaques and the Nazca Plate generates a subduction zone off the coast and several tectonic zones that produce large earthquakes within the country. Earthquakes are the result of the breakage of rocks, suddenly releasing energy at a certain point in the earth's crust. They are transmitted in the form of seismic waves that propagate away from their point of origin, just as in a pond the waves do when they move away from the point where we throw a stone. The hypocenter is called the place under the Earth where an earthquake is procreated, and its projection towards the surface epicenter. It can be said that environmental pollution, as we know it, is inherent to traditional development models. As a country develops more and more, society tends to afflict more and pollution occurs as a result.

**Keywords:** Seismic Microzonification, Earthquake, Soft Soils, Ecuadorian Construction Standard, Structural Analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

Una estructura es un sistema de partes conectadas que se utiliza para soportar una carga, edificios, puentes, etc. Al momento de diseñar una estructura que cumplirá una función específica, deberá analizarse para asegurar que tiene rigidez suficiente. La aplicación de cargas a una estructura ocasiona que la misma sufra deformaciones. Debido a estos

esfuerzos, se producen varias fuerzas en las componentes que constituyen la estructura (Jack C. McCormac, 2010).

Además de un análisis estructural para que una estructura cumpla las funciones para las que se ha construido, el diseño estructural juega un papel igual de importante. Implicando varios aspectos como: disposición general del sistema estructural, estudio de las configuraciones estructurales alternativas que proporcionen soluciones factibles, consideración de las condiciones de cargas, el correcto análisis y diseño estructural preliminares de las soluciones posibles, selección de una solución y el análisis estructural final de la estructura (R.C.Hibbeler, 2012).

Para diseñar, y construir, cualquier edificación de concreto reforzado que pueda soportar eventos sísmicos fuertes es necesario conocer, ubicar y establecer un mínimo número de variables que resultan en términos generales fáciles de entender, pero que en muchas ocasiones cuando no se colocan de manera óptima, así tengan la cantidad necesaria, conducen a sistemas débiles y frágiles. En edificaciones de concreto reforzado más que en ningún tipo de construcciones, colocar más material del requerido no es requisito para incrementar la seguridad; es común que usando la misma cantidad de material y haciendo la misma inversión se obtengan edificaciones que pueden tener deficiencias por errores en el diseño y la construcción del sistema en donde no se pudo distribuir adecuadamente las variables.

A las 18h58 pm, tiempo local del 16 de abril, el terremoto de subducción con magnitud registrada de Mw 7.8 sacudió con gran intensidad la provincia de Manabí y la zona costera del sur de la provincia de Esmeraldas. La ciudad de Portoviejo, localizada a 150km de distancia del epicentro, fue de las más afectadas, reportando daños severos hasta colapsos en sus edificaciones.

En el edificio de Docentes #1 de la Universidad Técnica de Manabí se presentaron 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, usaremos la metodología específicas 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).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente trabajo contará con los datos obtenidos de la microzonificación sísmica realizada en la ciudad de Portoviejo, los espectros obtenidos del terremoto del 16 de abril y el espectro de diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Lo cual nos permitirá realizar un análisis modal espectral de la estructura, con el fin de determinar si éste fue capaz de cumplir con el comportamiento elástico e inelástico.

## III. MARCO TEORICO

### A. Incidencias del terremoto del 16 de abril del 2016

Ecuador se ubica en la costa occidental del océano pacífico, en la zona denominada “Cinturón de Fuego del Pacífico”.

Dicho lugar del planeta ha tomado esta denominación debido a que es la región más susceptible de experimentar los efectos de terremotos y erupciones volcánicas (Rivadeneira, y otros, 2007). Para el caso del Ecuador, la interacción entre las Placas Sudamericanas y la Placa Nazca genera una zona de subducción frente a las costas y varias zonas tectónicamente activas al interior del territorio, en donde se originan la mayor parte de sismos que se registran en nuestro país.

La ocurrencia de terremotos en nuestro país ha generado daños importantes en algunas edificaciones, especialmente en aquellas construidas sin asistencia técnica, lo que da lugar a que presenten un inadecuado comportamiento sísmico. El comportamiento estructural contemplado en el último sismo ha servido para tantear la norma de diseño sísmico.

El 16 de abril del 2016, se dio lugar a uno de los peores desastres naturales, un terremoto de magnitud Mw 7.8 en la escala de Richter, con un rango de intensidad entre VII – VIII en la escala de Mercalli Modificada. Con epicentro en la ciudad de Pedernales, la propagación de la onda sísmica se trasladó mayor parte hacia el sur de la provincia; la ciudad de Portoviejo fue una de las más afectadas.

Los primeros registros obtenidos en Ecuador, de un terremoto de gran magnitud son los del 16A. Estos han puesto en evidencia la necesidad de realizar estudios de peligrosidad sísmicas para determinar espectros para el reforzamiento de estructuras y emprender nuevos proyectos de construcción (Aguilar, Zevallos, Palacios, García, & Menéndez, 2016).

El impacto y nivel de destrucción del sismo fue de tal magnitud que algunas zonas de la ciudad han sido devastadas, con un colapso de infraestructuras a nivel de edificaciones comerciales, centros educativos y algunos daños en las vías de acceso. Evidenciando que éstos contaban con poco refuerzo, o en algunos casos sin éstos, fueron los más afectados, debido a su alto grado de vulnerabilidad. Se detectaron algunas formas de fallas indeseables como agrietamiento diagonal, choque entre edificios vecinos y asentamientos diferenciales (provocando colapso parcial o total) (Bartolomé, Quiñ, & Silva, 2014). Hubo edificaciones construidas sin la respectiva asistencia técnica de un profesional y fallaron en su comportamiento cuando llegó el sismo, así también existieron aquellas que tuvieron los estudios adecuados y cedieron.

Muchos especialistas en el área de la construcción no tomaron la importancia de realizar estudios geofísicos; en base a dichos estudios se analiza que tipo de cimentación debe llevar la estructura ya que las características y propiedades físicas del terreno son distintas en cada zona de la ciudad. Dependiendo del grado de acoplamiento entre la fundación y el suelo, la estructura revierte a éste parte de la energía absorbida en forma de presiones adicionales que bien pueden modificar sus características y comportamientos hasta producir falla de la fundación, asentamientos totales y diferenciales, licuefacción de suelo (Uribe, 1975).

Para nuestro caso, el edificio de Docentes N°1 de la Universidad Técnica de Manabí se encuentra construido sobre un suelo tipo “D” (esta clasificación corresponde a suelos blandos). Existen muchos problemas al momento de construir sobre ellos debido a que su estructura no es tan rígida y es vulnerable a que sufra una licuación (más adelante se presentarán detalles de las velocidades de propagación de ondas

sobre este tipo de suelos); la presencia de estratos de este tipo



Figura 3: Edificio de Docentes N°1 UTM post-terremoto del 16A.

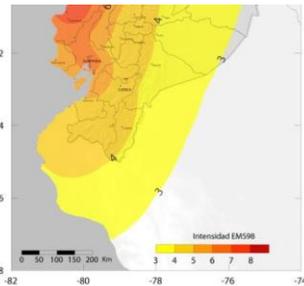


Figura 1: Mapa de Intensidad EME tras sismo del 16 de Abril. Fuente: Instituto Geofísico.

de suelo por los que transitan las ondas sísmicas para llegar a la superficie altera en forma significativa las características de las

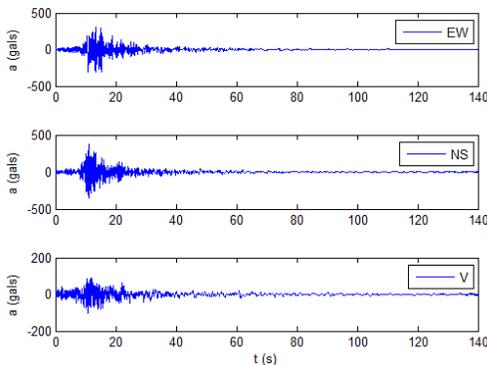


Figura 2: Acelerogramas obtenidos en Portoviejo del terremoto del 16A.

ondas, amplificando las aceleraciones del sismo hasta un 100%, provocando que los periodos de vibración del suelo y la estructura lleguen casi a coincidir con efectos muy críticos sobre la misma (en algunos casos dejan inhabilitadas las estructuras o el colapso total) (Uribe, 1975) (Bazán & Meli, 2013).

El edificio tuvo un comportamiento de ductilidad disipando gran parte de la carga del sismo presentando daños en elementos no estructurales y presencia de algunas grietas dentro de la estructura; cumpliendo con los objetivos del diseño sísmico.



Figura 4: Edificio de Docentes N°1 UTM post-terremoto del 16A

### B. Estudios de microzonificación sísmica de la ciudad de Portoviejo

Portoviejo se encuentra ubicada en la zona VI, considerada zona de peligrosidad sísmica muy alta. Es de vital importancia el contar con información de primer orden para el análisis y diseño de estructuras; uno de los parámetros más importantes para este propósito es la microzonificación sísmica y estudios geotécnicos del suelo de las ciudades del Ecuador, cuando tienen más de 10,000 habitantes, según lo recomendado por la NEC 2015. Los estudios de microzonificaciones sísmicas consisten en la identificación y caracterización de unidades litológicas, generalmente suelos cuya respuesta dinámica frente a terremotos es semejante. Además de estas unidades se incluyen los efectos inducidos, como fallas, licuefacción, entre otros; y se valora su peligrosidad.

Debido a los graves daños ocasionados en Portoviejo por el terremoto del 16 de abril, el GAD Municipal del Cantón Portoviejo contrató profesionales expertos en el área para determinar la microzonificación sísmica de la ciudad, con la finalidad de que se tomen todas las medidas precautelarias para futuras construcciones. Como insumos para la determinación de las microzonas sísmicas se partió de la distribución de las unidades geológicas, sobre todo las sedimentarias en el área de estudio y su caracterización geotécnica y geofísica. Para su clasificación ha sido la variación de los valores de velocidad de propagación de las ondas de corte en los primeros 30m ( $V_{s30}$ ), así como el espesor de los sedimentos hasta el basamento sísmico. Adicionalmente, se ha tomado en cuenta para la delimitación de las micro-zonas la información sobre la distribución de los daños y las observaciones y cálculos de la respuesta en superficie (Escuela Politécnica Nacional, 2017). Para ver la distribución espacial de las velocidades  $V_{s30}$  fuera de la zona estudiada con métodos geofísicos en Portoviejo, se aplicó la técnica desarrollada por Allen and Wald (2009) a partir de las elevaciones topográficas usando la técnica de aproximaciones polinomiales. Se determinaron rangos desde



Figura 5: Edificio de Docentes N°1 UTM. Rehabilitado post-terremoto del 16A.

$V_s < 180$  m/s hasta 360 m/s en el valle y con  $V_s > 360$  m/s en las zonas de colinas. En Portoviejo ocurre que la predominancia superficial de suelos blandos domina los resultados de la amplificación/absorción de las ondas sísmicas, por lo que la investigación geotécnica fue muy importante para llegar a los resultados buscados para la selección de las microzonas. Una vez culminado el estudio, se definen los siguientes valores respectivos para cada micro-zona:

TABLA I

PARÁMETROS VARIABLES DE LOS ESPECTROS DE DISEÑO PARA PMR=475 AÑOS

Micro-zona	Descripción del suelo	Velocidad de propagación
M1	Suelo rígido-roca	$360\text{m/s} < V_s \leq 30$
M2	Suelo semirrígido	$270\text{m/s} < V_s \leq 360\text{m/s}$
M3	Suelo intermedio	$225\text{m/s} < V_s \leq 270\text{m/s}$
M4	Suelo blando	$180\text{m/s} < V_s \leq 225\text{m/s}$
M5	Suelo muy blando	$V_s \leq 180\text{m/s}$

NOTA: La micro-zona M6, es una zona crítica ya que se la define como un sector con un elevado potencial de licuación que genera degradación del terreno. Las micro-zonas M4 y M5 se identifican como zonas con alto y moderado potencial de licuación.

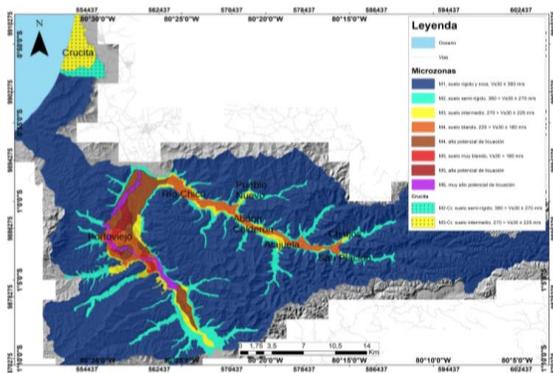


Figura 6: Mapa de microzonas sísmicas del cantón Portoviejo.

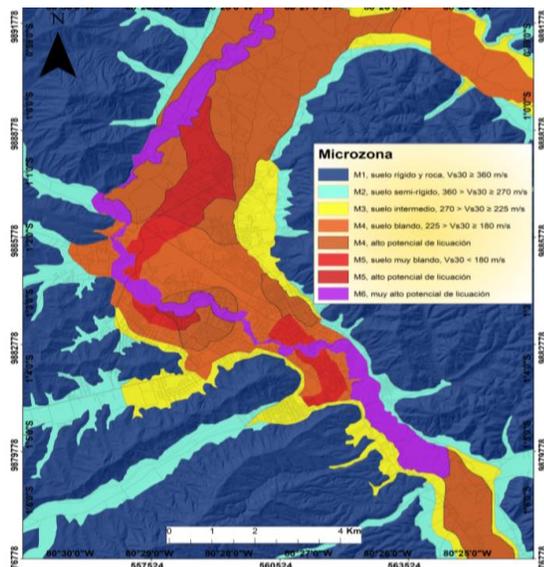


Figura 7: Mapa de microzonas sísmicas del cantón Portoviejo.

C. Espectro de diseño sísmico normado por la Norma de Construcción Ecuatoriana NEC 2015

Los espectros de diseño presentados para el análisis dinámico estructural, se construyen a partir de espectros de respuesta calculados para un punto (sitio), representativos de la respuesta de estructuras sometidas al ambiente sísmico que afecta a la región y tomando en cuenta el efecto de amplificación local.

En este proceso se incluye el efecto de sobre resistencia en función del tipo de estructura proyectada. A solicitud, los espectros de diseño se construyen para valores de amortiguamiento estructural distintos al 5%, bajo comportamiento no lineal estructural, con sobre resistencia y considerando explícitamente el efecto de la interacción dinámica suelo-cimentación-estructura. Es importante porque para cada evento sísmico existe un espectro de respuesta distinto, en el mismo sitio, se pueden obtener, a partir de varios acelerogramas, diversos espectros de respuesta con diferencias entre crestas y valles (Sísmica de suelos, 2019) (Pablo Enrique Zamudio Zavala).

La importancia de los espectros en el diseño de estructuras radica en el hecho de que estos gráficos condensan la compleja respuesta dinámica en un parámetro clave: los valores de respuesta máxima, que son usualmente los requeridos por el diseñador para el cálculo de estructuras.

Para estudios del espectro de diseño sísmico es necesario identificar las zonas sísmicas dentro de nuestra localidad. Por ello se ha dividido en seis zonas de peligrosidad sísmica lo cual facilitará a entender mejor la reacción suelo-estructura. Cada zona sísmica posee un valor de factor Z propio.

Las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes.

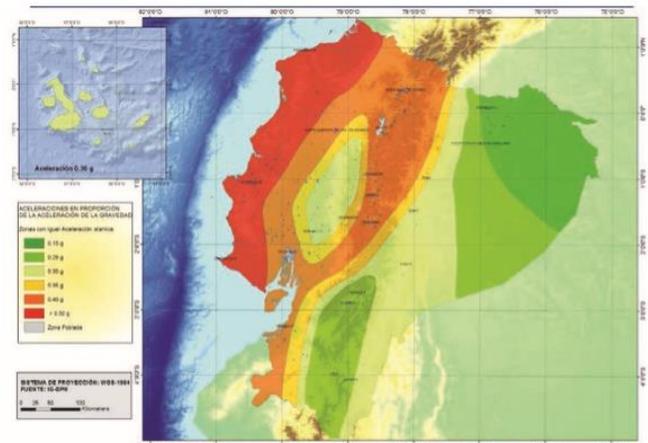


Figura 8: Zonificación sísmica del Ecuador.

Cada región y sector del país cuenta con diferentes tipos de suelos y estos a la vez reaccionan diferentes con los movimientos sísmicos. La determinación de coeficientes a nivel del subsuelo es fundamental, dependiendo dentro de que zona se encuentra ubicada.

Existen 3 coeficientes con relación al tipo de perfil del subsuelo:  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ . Los factores  $F_a$  amplifican las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio. Los valores de  $F_d$  amplifican las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. Para valores correspondientes a  $F_s$ , consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos (Vivienda, 2014).

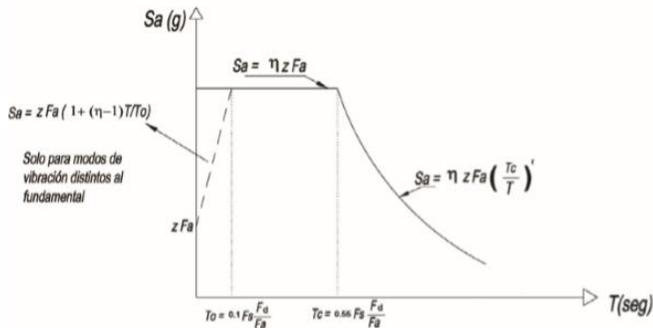


Figura 9: Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

NOTA: Para los suelos tipo F no se proporcionan valores de  $F_a$ ,  $F_d$  ni de  $F_s$ , debido a que requieren de un estudio especial. El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, consistente con:

- El factor de zona sísmica Z,
- El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- La consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ .

IV. RESULTADOS

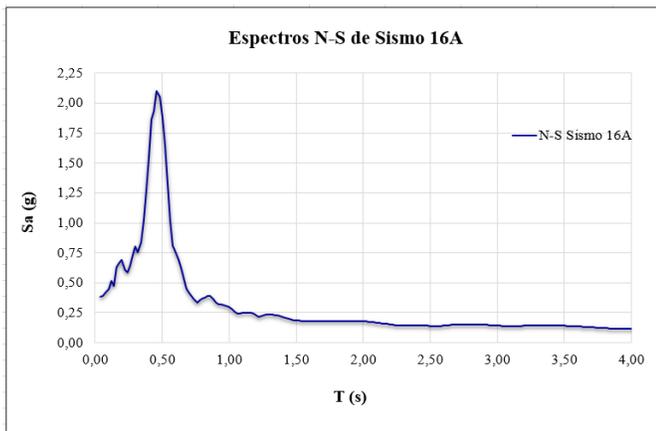


Figura 10: Espectro N-S de Sismo 16A.

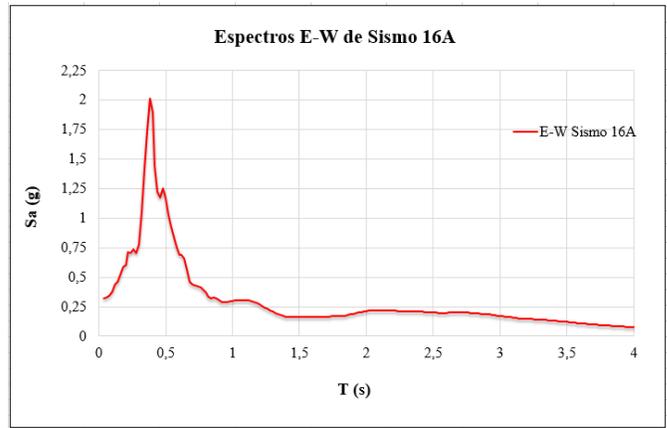


Figura 11: Espectro E-W de Sismo 16A.

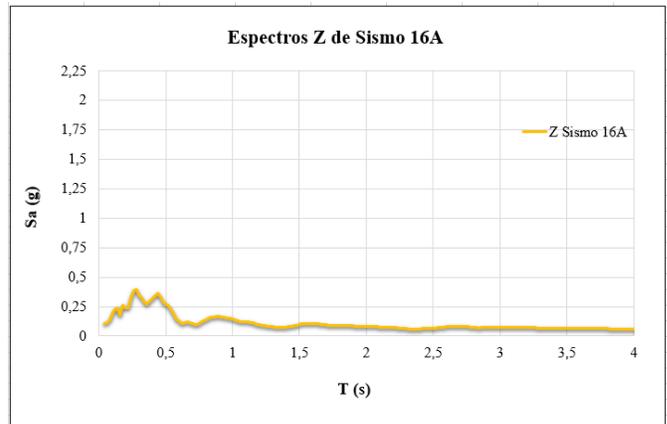


Figura 12: Espectro Z de Sismo 16A.

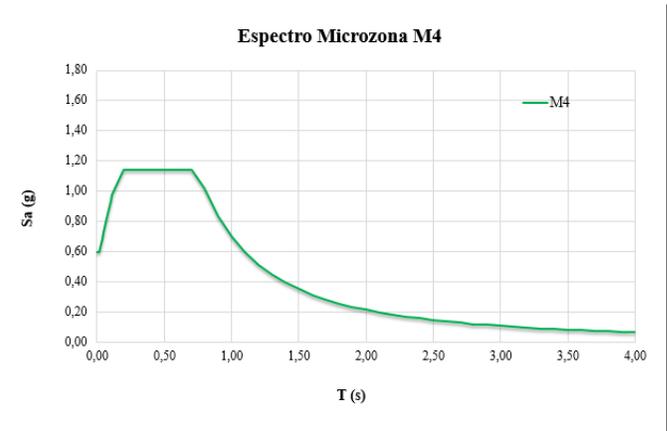


Figura 13: Espectro Microzona M4.

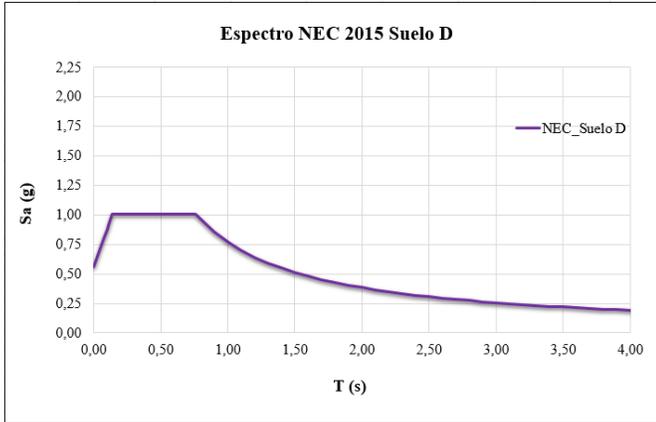


Figura 14: Espectro NEC 2015 Suelo D.

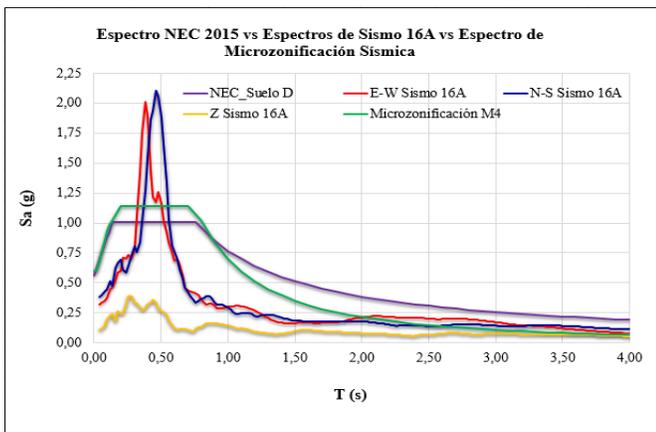


Figura 15: Comparación de los Espectros de respuesta del sismo 16A vs Espectro de Microzonificación sísmica vs Espectro de diseño NEC 2015.

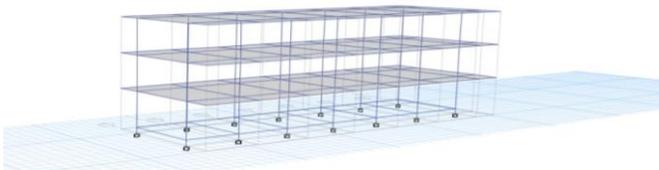


Figura 16: Bloque derecho del edificio de Docentes #1.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm
Story2	Sismo (Y) 1	Y	0.006044	126	6722
Story2	DStiS5 Max	Y	0.006044	126	6722
Story2	DStiS6 Min	Y	0.006044	126	6722
Story2	DStiS9 Max	Y	0.006044	126	6722
Story2	DStiS10 Min	Y	0.006044	126	6722
Story2	DCon5 Max	Y	0.006044	126	6722
Story2	DCon6 Min	Y	0.006044	126	6722
Story2	DCon9 Max	Y	0.006044	126	6722
Story2	DCon10 Min	Y	0.006044	126	6722
Story2	Espectro Max	Y	0.005992	126	6722
Story2	DStiS11 Max	Y	0.005992	126	6722
Story2	DStiS11 Min	Y	0.005992	126	6722
Story2	DStiS12 Max	Y	0.005992	126	6722

Figura 17: Deriva de Piso del bloque derecha del edificio de Docentes #1.

$$\text{Deriva Ineslatica} = (0.006044)(6)(0.75) = 0.027198$$

MAYOR AL 2%

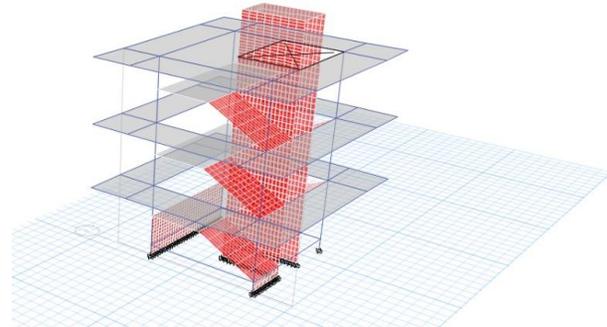


Figura 18: Bloque central del edificio de Docentes #1.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm
Story2	DStiS3 Max	X	0.001505	138	3797
Story2	DCon3 Max	X	0.001505	138	3797
Story2	DStiS7 Max	X	0.001474	138	3797
Story2	DCon7 Max	X	0.001474	138	3797
Story2	Sismo (X) 2	X	0.001456	138	3797
Story2	DStiS8 Min	X	0.001439	138	3797
Story2	DCon8 Min	X	0.001439	138	3797
Story2	DStiS4 Min	X	0.001407	138	3797
Story2	DCon4 Min	X	0.001407	138	3797
Story3	DStiS4 Min	X	0.001303	138	3797
Story3	DCon4 Min	X	0.001303	138	3797
Story3	DStiS8 Min	X	0.001278	138	3797
Story3	DCon8 Min	X	0.001278	138	3797

Figura 19: Deriva de Piso del bloque central del edificio de Docentes #1.

$$\text{Deriva Ineslatica} = (0.001505)(6)(0.75) = 0.0067725$$

MENOR AL 1%

### V. CONCLUSIONES

- En la actualidad el edificio no está trabajando en un 100%, en base de los análisis realizados hemos detectado fallas muy importantes que no han permitido recuperar la funcionalidad del mismo. Para recuperar su funcionalidad, éste deberá reforzarse con lo cual mejorará su rigidez.
- Las derivas de piso analizadas nos demuestran que los bloques laterales exceden el limite permisible estipulado por la NEC, por lo cual habría que rigidizarlos para disminuir el desplazamiento excesivo. Mientras que el bloque central está dentro del rango permisible, cumpliendo con lo indicado en la NEC 2015.
- Para mejorar la rigidez del edificio, identificamos que existen dos métodos con los cuales se puede reforzar, muros de corte o diagonales con disipadores de energía. Absorbiendo básicamente fuerzas laterales cooplanares (sismo), rigidizando la estructura con el propósito de reducir las deformaciones excesivas y por consiguiente los daños, que pueden afectar el comportamiento integral de la misma.
- El suelo donde está construido el Edificio de Docentes N°1 es tipo D, es decir un suelo blando, y no se implementó la cimentación recomendada para darle una mejor interacción suelo-estructura.
- Para el mapa de microzonas y los espectros de respuesta asociados destaca que la velocidad de propagación de las ondas de corte en los primeros 30

m (Vs30) es el principal parámetro que diferencia la respuesta en superficie. Si bien el espesor de los sedimentos, que oscila generalmente alrededor de 60 m influye en la respuesta sísmica, en Portoviejo no es un parámetro de primer orden en la diferenciación de la respuesta sísmica.

- Gran parte del suelo de la zona céntrica de Portoviejo tiene a ser licuable, por ende, las ondas sísmicas se amplifican y causan más daños que en otros sectores de la ciudad.

#### VI. RECOMENDACIONES

- Una vez concluido el análisis de la estructura del Edificio de Docentes N°1, recomendamos que se realicen estudios respectivos con los tipos de reforzamiento mencionados anteriormente. Presentarlo a las autoridades de la Universidad Técnica de Manabí, exponerlo para escoger la mejor solución y darle una vida útil más prolongada.
- Al momento de construir, los ensayos de testigos dieron valores muy satisfactorios con  $f_c$  mayores a  $210\text{kg/cm}^2$ . Ahora se recomienda realizar ensayos de esclerometría y determinar la fuerza de compresión actual del hormigón.
- Para las próximas obras civiles a construirse dentro de los predios de la Universidad Técnica de Manabí, será importante realizar los estudios de suelos respectivos para determinar el tipo de cimiento más adecuado. Recordando que nuestra zona en su gran parte es suelo tipo D, correspondiente a suelos blandos.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aguiar, R., Zevallos, M., Palacios, J., García, L., & Menéndez, E. (2016). *Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía. Terremoto de Ecuador del 16 de Abril del 2016*. (I. P. IPGH, Ed.) Quito.
2. Bartolomé, Á. S., Quiun, D., & Silva, W. (2014). *Diseño Y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
3. Bazán, E., & Meli, R. (2013). *Diseño sísmico de edificios*. Limusa.
4. Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Estudio de la microzonificación sísmica del área urbana de Portoviejo y sus cabeceras parroquiales rurales*. Quito.
5. Jack C. McCormac. (2010). *Análisis de estructuras: Métodos clásicos y matricial* (4ta ed.). (A. G. Editor, Ed.)
6. Pablo Enrique Zamudio Zavala. (s.f.). *Estudios Sísmicos Grado 7*. Recuperado el 19 de Agosto de 2019, de <http://www.grado7.mx/espectros-de-dise%C3%B1o.html>
7. R.C.Hibbeler. (2012). *Análisis estructural* (8va ed.). México D.F: Pearson Educación.
8. Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yépez, H. (2007). *Breve*

*fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador* (1 ed.). Quito.

9. Sísmica de suelos. (2019). *Sísmica de suelos*. Recuperado el 19 de Agosto de 2019, de <https://sismica.com.mx/servicios/espectros-diseno-sismico-sitio.php>
10. Uribe, G. E. (1975). *Estructuras antisísmicas*. Compañía Editorial Continental, S.A.
11. Vivienda, M. d. (2014). *Peligro Sísmico: Diseño sismo resistente*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.



**Roldán Pinargote Erick Franklin**, Estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.



**Suárez Balcázar Ruber Marcelo**, Estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.



**García Vines 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).



**Zevallos Loor Marcos Geovanny**, Master en Ciencias, Mención Energía, 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).