

Prototipo estructural metálico sismo-resistente como propuesta para zona de reunión segura en edificación educativa

Structural-resistant metallic structural prototype as a proposal for a safe meeting area in educational buildings

Álvaro Ulloa-Jaramillo, Nathaly Fonseca-Ortega, María Guamán-Zambrano, José Ordoñez-Fernandez

agulloa_est@utmachala.edu.ec

RESUMEN

Nuestro país al estar situado en el cinturón de fuego del pacífico, cercano al encuentro de dos placas tectónicas, es más propenso a tener movimientos telúricos que vulneren el bienestar de las personas y a partir de los aprendizajes propios y ajenos en los eventos sísmicos catastróficos, hemos tenido un claro ejemplo de la necesidad de inculcar una cultura de prevención sísmica en las instituciones educativas. Sin embargo las medidas durante un sismo se sujetan al supuesto que la estructura no colapsara (NEC, 2015). En su mayoría las instituciones educativas cuentan con una edificación que sobrepasan la antigüedad de los 10 años, suponemos la no evaluación con la norma ecuatoriana del 2008; la cual ya contaba con especificaciones sismo resistentes, suponer el colapso de una estructura educativa no es un tema sencillo, sin embargo es necesario una evaluación de estructuras que superan la planta baja; así los autores plantean y diseñan un prototipo estructural metálico con la normativa vigente y asegurando el comportamiento óptimo con los datos de aceleración del sismo del 16 de abril del 2016 en Pedernales (Ecuador), lo suficiente como para asegurar que esta estructura será una zona segura para cada planta alta de la institución educativa.

Palabras clave: Desastres naturales, estructura sismo resistente, terremoto, estructura metálica, institución educativa.

ABSTRACT

Our country, being located in the belt of fire of the Pacific, close to the encounter of two tectonic plates, is more prone to having telluric movements that harm the welfare of the people and from the own and foreign learning in the catastrophic seismic events, we have had a clear example of the need to inculcate a culture of seismic prevention in educational institutions. However, measures during an earthquake are subject to the assumption that the structure will not collapse (NEC, 2015). In most educational institutions have a building that

exceeds the age of 10 years, we assume no evaluation with the Ecuadorian standard of 2008; which already had earthquake-resistant specifications, supposing the collapse of an educational structure is not a simple subject, nevertheless an evaluation of structures that go beyond the ground floor is necessary; thus the authors propose and design a metallic structural prototype with the current regulations and ensuring optimal behavior with the acceleration data of the earthquake on April 16, 2016 in Pedernales (Ecuador), enough to ensure that this structure will be a safe area for each high floor of the educational institution.

Keywords: Natural disasters, earthquake resistant structure, earthquake, metal structure, educational institution.

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta se centra en la creciente inquietud de la población de nuestro país, en saber con certeza como se comportara la infraestructura donde reside y como aspecto de igual importancia en las edificaciones donde desarrolla sus actividades laborales educativas. Partiendo de esta premisa tenemos también las enseñanzas que nos han dejado los dos últimos movimientos sísmicos en américa como lo son:

- 16 de abril de 2016, Pedernales (Ecuador) con una intensidad de 7.8 en la escala de Richter, a una profundidad 20 km; dejando un saldo de 673 fallecidos, y daños catastróficos en estructuras de Manabí, Esmeraldas y Guayaquil (Singaicho, Laureandean, Viracucha, & Ruiz, 2016).
- 19 de septiembre de 2017, Ciudad de México (México) con una intensidad de 7.1 grados en la escala Richter, más de 300 fallecidos; con un daño de cerca de mil viviendas completamente destrozadas y unas 7000 estructuras con daños parciales (Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional, 2017).

Podemos rescatar de estos eventos lo siguiente:

1. No hay manera de predecir movimientos tectónicos.
2. Las estructuras ecuatorianas se vieron evidentemente más afectadas.
3. Las edificaciones educativas fueron gravemente afectadas, pero debido al horario del evento no se presentó el fallecimiento de estudiantes dentro de las instituciones educativas básicas.
4. No estamos preparados logísticamente.
5. Las estructuras no reaccionaron como nos muestra la filosofía de diseño de la NEC.

Colapso total de la escuela Enrique Rebsamen de Coapa, México

Figura 1. Escuela Enrique Rebsamen de Coapa en diciembre 2016



Figura 2. Escuela Enrique Rebsamen de Coapa en septiembre 2017



Las figuras 1 y 2 son el más claro ejemplo de lo que genera el colapso de unas instituciones educativas, 26 fallecidos en las que se encuentran 7 adultos y 19 menores de edad (PGJ, 2017); es indudable que esta noticia recorrió el mundo, y abre el preámbulo a la siguiente pregunta *¿Las instituciones educativas de nuestro país están preparadas estructuralmente para un evento de este tipo?*

Atendiendo a esta pregunta debemos poner sobre la mesa que las instituciones educativas actuales exceden los 10 años de antigüedad estructuralmente (exceptuando las nuevas instituciones del milenio), y podemos suponer que algunas sobrepasan los 20 años, actualmente tenemos métodos para evaluar una estructura, tanto teóricamente (observaciones de planos, memoria técnica y proceso constructivo escrito) y de manera práctica; chequeando directamente la resistencia del hormigón columnas vigas y losas; con aparatos como un esclerómetro. Es aquí donde ponemos especial atención, las instituciones educativas; presentan problemas generalizados como lo son:

- Columnas cortas, producidas por los ventanales que se ubican de columna a columna.
- Puertas ubicadas junto a columnas con una franja de pared en su parte superior.
- Excentricidad de rigideces en pisos inferiores, provocando pisos débiles.
- El aun persistente uso de pórticos resistente a momentos.

- Escases de escaleras cercanas, ancho insuficiente y corredores estrechos; impedirían una evacuación adecuada como se ve en la figura 3.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método que se usara para la investigación es cuasi-experimental, para lo cual fue necesario realizar un análisis bibliográficos que posibiliten obtener las orientaciones teóricas requeridas sobre el objeto de estudio, y determinar el rumbo más adecuado a seguir en el proceso investigativo.

Para el estudio de esta investigación se tomó como muestra a los estudiantes de la Unidad Educativa Particular Hermano Miguel, con quienes se realizó las actividades previstas para la ocasión, que consistió en que los estudiantes realicen los desplazamientos en las determinadas distancias, con finalidad de obtener los tiempos de evacuación. Los pasos fueron:

1. Ubicar dos aulas con diferentes números de estudiantes y diferentes pisos, ambos separados de las escaleras.
2. Realizar la evacuación total del aula, similar a la que se usa en los simulacros.
3. Determinar los tiempos de evacuación.
4. Evaluar los resultados.

DISCUSIONES

Primer recorrido

Un aula con 30 alumnos ubicados en la planta alta de la edificación nos brindó la siguiente información

Tabla 8. Datos y velocidades especificadas del cronometraje del recorrido

INICIO	FIN	LONGITUD	TIEMPO 1	TIEMPO 2
SILLA	PIZARRA	6,30	0,00	0,00
PIZARRA	PUERTA	6,00	30,81	30,31
PUERTA	PASILLO	17,90	42,24	40,40
ESCALERA	DESCANSO A	6,40		
DESCANSO A	DESCANSO B	2,40		
DESCANSO B	PLANTA BAJA	6,00	51,54	51,33
PLANTA BAJA	ZONA SEGURA	13,70	61,37	60,94
TOTAL RECORRIDO		58,70	TIEMPO TOTAL	61,155

Segundo recorrido

Un aula con 25 alumnos ubicados en la segunda planta alta de la edificación nos brindó la siguiente información.

Tabla 9. Datos y velocidades especificadas del cronometraje del recorrido

INICIO	FIN	LONGITUD	TIEMPO 1	TIEMPO
SILLA	PIZARRA	6,10	0	0
PIZARRA	PUERTA	6,10	25,58	26,51
PUERTA	PASILLO	23,30	39,7	40,24
ESCALERA	DESCANSO A	6,30		
DESCANSO A	DESCANSO B	2,20		
DESCANSO B	PASILLO 2ª	4,80		
PASILLO2A	ESCALERA 2	2,10	61,92	62,47
ESCALERA 2	DESCANSO A	4,90		
DESCANSO A	DESCANSO B	2,10		
DESCANSO B	PLANTA BAJA	4,80		
PLANTA BAJA	ZONA SEGURA	9,30	66,75	67,28
TOTAL RECORRIDO		72,00	TIEMPO TOTAL	67,015

De estos datos rescatamos:

El tiempo de evacuación es un reflejo de como reaccionaria los estudiantes y el tiempo que les tomaría abandonar la institución.

Es por esto y el posible colapso de institución por la energía que desencadena el evento sísmico, se presenta como propuesta de zona segura en plantas altas una estructura metálica.

Prototipo como solución para la zona segura

Para esta solución, tomamos en cuenta varios aspectos sobre la viabilidad del proyecto:

- La creación de más escaleras que forme parte la estructura generara una rigidez no prevista, podría entorpecer el comportamiento de la estructura (NEC, 2015).
- Tener en cuenta que la evacuación durante un sismo no es recomendable por el movimiento de la estructura, sin embargo un prototipo metálico diseñado para disipe

energía de manera correcta, también asegura una disminución de sus derivas máximas (movimientos laterales) (MC.MCCORMAC, 2013).

- La creación de una estructura metálica con entradas frente a la puerta de cada aula. Disminuye al máximo el recorrido de las personas a partir de la planta alta, y así tenemos la determinación de la zona segura.

Datos de arranque:

Cimentación sobre la que ira el prototipo

Tomando en cuenta la Norma ecuatoriana de la construcción para la institución se asume un tipo de suelo tipo C, por la información brindada de la experiencia visual de uno de los directivos de la institución cuando se realizó la fundición del patio.

Pre diseño del prototipo según normativa sismo-resistente actual

Para nuestro pre diseño tomamos en cuenta NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas) con ello podemos ubicar la siguiente descripción de la tabla 3.

Tabla 10. TAB.9 NEC-SE-CG

UNIDADES EDUCATIVAS TAB.9 NEC-SE-CG		
AULAS	2,9	KN/m ²
CORREDIRES SEGUNDO PISO Y SUPERIOR	4	KN/m ²
CORREDORES PRIMER PISO	4,8	KN/m ²

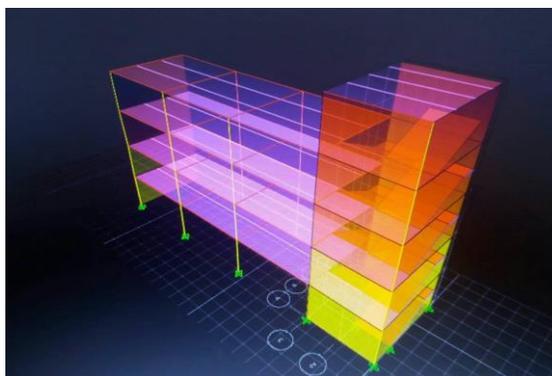
Tenemos entonces las siguientes especificaciones de partida que aseguran las cargas gravitacionales, tenemos en cuenta que utilizamos para esto la combinación de partida (1).

$U = 1.2D + 1.6L$ (1). Con esto tenemos las siguientes especificaciones resumidas, análisis de cargas por metro cuadrado y un acumulado para las columnas en la tabla 4.

Tabla 11. Elementos resultados del pre diseño

	ESPECIFICACIÓN	ESPECIFICACIONES ESPECÍFICAS	DETALLADO
COLUMNA	HSS10X10X5/16	HSS10X10X5/16 *Según AISC	Con relleno de hormigón.
VIGA SECUNDARIA	W10X20	W10X20 *Según AISC	Con sujeción fija.
VIGA PRINCIPAL	W12X40	W12X40 *Según AISC	Con sujeción empotrada
LOSA DECK	0.65 MM	5CM *LOSA DECK	Separación máx. 1.83 m.

Análisis de resultado mediante el software de diseño Etab

Figura 3. Modelo de la estructura

Espectro inelástico de la edificación

Las normas ecuatorianas de la construcción nos piden el chequeo de algunas medidas que son resultado de la conformación estructural de nuestro prototipo para ello tenemos como datos de partida:

- Evaluación del tipo de suelo C.
- Tenemos en la ciudad de Machala como zona costera y evaluamos el Z: 0.5.
- Prevista la edificación como (defesa civil, educativa, alta importancia) por ser creada como zona segura.
- La edificación es regular según NEC-SE-DS 2015.

Determinación del período del prototipo

La edificación asegura un periodo por debajo de 2 segundos, incluso por debajo de 1 segundo que para una estructura es óptimo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015).

Determinación de la deriva máxima de la estructura

La deriva máximo se encuentra por debajo del 2% incluyendo:

- Los desplazamientos gracias a su gran rigidez cumplen la NEC.
- El primer modo de vibración que nos presenta la estructura no causaría un enfrentamiento o choque con la estructura educativa.
- Aseguramos un mejor desempeño en caso de un sismo.

Entradas a las estructuras

Las entradas a la estructura se encontraran situadas en el centro del paño con una amplitud de 2 metros, para el ingreso sin impedimento de los corredores hacia la estructura.

Arreglos de seguridad

La estructura contará con:

- Barandales en los espacios libres de la estructura con una altura de 1 metro. Reforzadas contra impacto.
- Extintores de incendios.
- Botiquines de emergencias (2 por paño).
- Caja con mascarillas
- Linterna de emergencia 300 lúmenes (1 por paño).
- Sirena de emergencia (propia para la estructura).
- Escalera unipersonal de emergencia.

CONCLUSIONES

Los autores de este proyecto sabiendo la incertidumbre de la resistencia de las edificaciones las cuales no han sido evaluadas por las normas ecuatoriana de la construcción, visualizaron tener zonas seguras en plantas altas de edificaciones durante un evento sísmico y teniendo claro que usar las escaleras es totalmente desaconsejable, hemos logrado diseñar un prototipo metálico para zona segura en plantas altas de las edificaciones educativas; de fácil accesibilidad y asegurando el no colapso de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISC. (2011). *Steel manual construccion*. Estados Unidos: AISC.
- BBC. (2016). 5 razones por las que los edificios se derrumban (más allá de los terremotos). *El telégrafo*, 15.

Estrada Paneque, M. (2013). Amenazas, desastres y comunicación/prevencción del riesgo Trinomio que requiere de un cambio de mentalidad hacia la niñez. *Multimed. Revista Médica. Granma*, 8.

Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional. (2017). *Reporte Especial: Sismo del día 19 de Septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1)*. México: Servicio Sismológico Nacional.

INEN. (2017). *Aluminio. Perfiles, barras, varillas y tubos extruidos. Requisitos*. Quito: INEN-EC.

Manucci, P. (2014). *Hacia una cultura de prevención en desastres desde la educación*. Lima: Punto Impreso.

Martínez, L. (1997). *El desarrollo sostenible en el medio rural*. Quito: Martínez.

MC.MCCORMAC. (2013). *Diseño de estructuras de acero*. México: Alfaomega.

Ministerio de Educación. (2014). *Lineamientos y asociaciones emprendidas para la implementación del currículo de educación Inicial*. Quito: Ministerio de Educación.

Montiel, A. (2014). Cultura de prevención y mitigación de los riesgos naturales en el estado Zulia. Caso: formación el milagro. *Redieluz*, 60.

NEC (2015). *Cargas sísmicas, diseño sismo resistente*. Quito: NEC.

PGJ. (2017). *Informe de daños en colegio Rebsamen*. México: Televisa.

Singaucho, J., Laureandau, A., Viracucha, C. & Ruiz, M. (2016). *Observaciones del sismo del 16 de abril de 2016 de magnitud mw 7.8. Intensidades y aceleraciones*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.