

REFORZAMIENTO DEL BLOQUE ESTRUCTURAL DEL PARQUEADERO DE LA ULEAM AFECTADA POR EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DE 2016

REINFORCEMENT FOR THE STRUCTURAL BLOCK OF THE PARKING AT ULEAM AFFECTED BY THE EARTHQUAKE IN 2016

Roberto Aguiar

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Universidad de Fuerzas Armadas ESPE

Av. Gral. Rumiñahui s/n. Valle de los Chillos, Sangolquí, Ecuador

P.O.BOX: 171-5-231B

rraqui@espe.edu.ec

Centro de Investigaciones Científicas en Ingeniería Sísmica

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Av. Circunvalación – Vía a San Mateo, Manta, Ecuador

Diego Muñoz, Sebastián Serrano

Carrera de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Av. Circunvalación – Vía a San Mateo, Manta, Ecuador

RESUMEN

El Bloque Estructural del Parqueadero de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) sufrió daños de columna corta en el pórtico central (D) y colapso de mampostería en el pórtico antes mencionado debido al terremoto que se produjo el 16 de abril del 2016 con epicentro en Pedernales y un grado de 7.8 que a futuro se denominará 16 A. Además, se produjo una falla en la escalera principal y el colapso casi total de sus paredes, en sus dos primeros pisos, ubicada en el centro del pórtico A.

En este artículo se presenta el análisis sísmico realizado, utilizando el Método Espectral, ante los espectros hallados en la ciudad de Manta del terremoto del 16 A para tres casos: i) Estructura original con problemas de columna corta en el Pórtico D; ii) Eliminación del Problema de columna corta con la creación de muros de corte; y, iii) El caso anterior más la incorporación de disipadores de energía tipo TADAS.

Palabras Claves: Edificio de Parqueadero de la ULEAM. Terremoto de Pedernales. Columna Corta. Disipadores de energía.

ABSTRACT

The block of parking at Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) suffered a short column damage in the central axis (D) and collapse of walls in the same axis, it was caused by the earthquake on April 16th 2016, its epicentre was in Pedernales and it was of 7.8 degree on the Richter scale. Furthermore, the main staircase located at the middle of the A axis suffered a minor structural damage and almost a complete collapse of its walls at its two first flats

This article describes the seismic analysis using the spectral method, before the spectra found in the city of Manta earthquake 16th April it is presented for three cases: i) Original structure with problems of short column in the Portico D; ii) elimination of the problem of short column with the creation of shear walls; and, iii) The above case incorporating more energy-dissipating TADAS type.

Keywords: Building parking of ULEAM. Pedernales earthquake. Short column. Energy dissipators.

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería estructural ha tenido siempre como objetivo fundamental lograr niveles de seguridad que correspondan a probabilidades extremadamente bajas de ocurrencia de eventos de consecuencias significativas.

En el caso particular de la ingeniería sísmo resistente, la filosofía de diseño enunciada hace ya más de dos décadas consiste en (i) Prevenir daños en terremotos menores de ocurrencia frecuente durante la vida útil de la estructura; (ii) Controlar daños en elementos estructurales y no estructurales durante terremotos moderados; (iii) Evitar el colapso y daños muy significativos para proteger la vida de las personas en terremotos muy severos pero de relativamente muy baja frecuencia de ocurrencia.

La nueva tendencia es la denominada “Ingeniería sísmica basada en la *performance*”, mediante la cual se intenta obtener construcciones de comportamiento sísmico más predecible y cuantificable, para poder evaluar y controlar el riesgo sísmico con un predeterminado nivel de aceptabilidad, de manera de minimizar el costo durante toda la vida útil de la construcción. Zambrano (2016); Barbat *et al.* (2005).

La estructura del Parqueadero de la ULEAM, entró en el rango no lineal en el terremoto del 16 A., lo que significa según el ACI-384 y la NEC-15 que es aceptable daño en los pórticos sin que eso signifique un colapso total de la misma y pueda hacerse un refuerzo estructural para que esta vuelva a cumplir con las condiciones necesarias para su utilización. Además, estos mismos códigos indican que en el diseño sísmo resistente se debe cumplir el criterio de columna fuerte-viga débil, caso que en el bloque que se analiza no se cumple. Siendo así una falla importante ya que las más afectadas resultaron las columnas.

Otra falla de consideración que se pudo localizar específicamente fue la de columna corta en el pórtico central de la estructura, ya que en este eje concurren las losas destinadas para el parqueo de los vehículos. El criterio para clasificar las columnas como “cortas” es que la relación entre la parte más pequeña de la columna y la longitud total de la misma debe ser menor a 0.25.

La opción para el reforzamiento del bloque del Parqueadero es que se construyan muros de corte a lo alto de toda la estructura en el pórtico D, entre los ejes 2-3 y 4-5 específicamente. A más de ello se debe colocar disipadores de energía tipo TADAS sobre contravientos en forma de V invertida. Aguiar *et al.* (2016, 1) Tena y Nagullasmú (2013, 2015); Tsai *et al.* (1993); Chang *et al.* (1998).

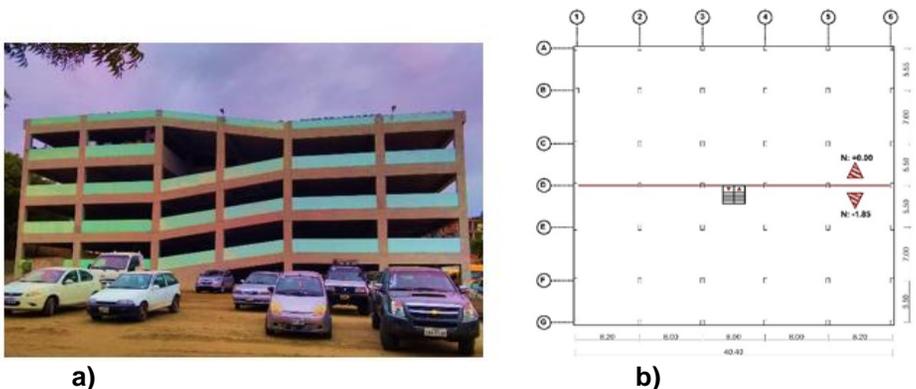
2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El Bloque del Parqueadero de la ULEAM, es un solo cuerpo estructural de forma regular; su principal característica es que tiene dos niveles (0.00 m y -1.85 m) que se encuentren divididos por el pórtico D, el cual es central y tiene un muro de contención de 1.85 m para la retención del terreno en el nivel más alto, tal como se muestra en la Figura 1 a. Cabe destacar que la estructura tiene 7 ejes en un sentido y 6 en el otro como se presenta en el plano en planta de la Figura 1 b.

Cada nivel tiene 4 pisos destinados al estacionamiento y que se unen entre sí mediante losas inclinadas que sirven de rampas para el acceso vehicular. Estas rampas están ubicadas entre los pórticos C y E y los ejes 1-2 y 5-6.

Esta estructura cuenta además con dos escaleras para accesos entre pisos, una ubicada en el pórtico A, que no se está considerando en este artículo ya que no interviene en la temática del mismo, y otra que sí es considerada ya que está ubicada en el pórtico D que fue el más afectado.

La edificación del parqueadero es completamente de hormigón armado, con losas macizas con un espesor de 25 cm, columnas rectangulares, vigas acarteladas en los ejes 2 y 5 donde se unen rampas con losas horizontales y vigas peraltadas para los demás miembros de la estructura.



a)
Figura 1 Parqueadero de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; a) Vista Lateral; b) Planta de Estructura.

3. DAÑOS REGISTRADOS

Los daños que se presentan en la estructura se enfocan principalmente en el pórtico D entre los pisos 1 y 2 de cada nivel. Se tiene claro que las fallas fueron debido a columna corta, como se observa en la figura 2, donde se aprecian 3 vigas de hormigón armado de 80 cm, de altura en un piso y se debe a que se tiene losa a un lado y otro lado del parqueadero.

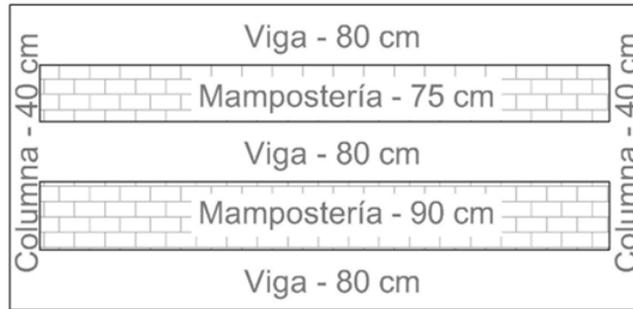


Figura 2 Descripción del Problema de Columna Corta en el Pórtico Central D.

Además, otro indicio claro de este tipo de fallas es que las grietas se presentan a unos 45° aproximadamente como se muestra en la figura 3. En el reforzamiento se plantea eliminar la mampostería existente y rellenarla con hormigón armado para que todo eso trabaje como muro de corte pero **antes se deben realizar inyecciones con Sikadur 52 en las columnas dañadas, previo la colocación del Sikadur 31 adhesivo.**

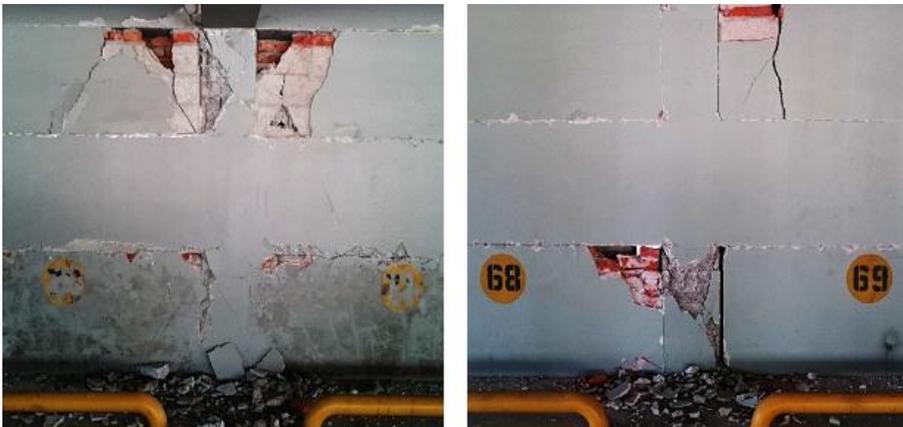


Figura 3 Falla de columna corta en Eje D.

Se realizaron varias inspecciones al sitio después del sismo del 16A, y se pudo notar que hubo un aumento del tamaño de las grietas y aparecieron algunas nuevas justo después de las réplicas acontecidas el 18 de mayo que tuvieron una magnitud de 6.8. Por lo tanto, se recomienda que se realice un reforzamiento, ya que tanto en el terremoto como en las réplicas más fuertes el parqueadero en cuestión no se encontraba operacional por lo que no había cargas vivas actuando sobre el mismo y aun así sufrió daños, debido a las condiciones iniciales (estructura con daño).

Otro daño registrado es el de la caída parcial de mampostería ubicada sobre las vigas del pórtico D, especialmente las que se encuentra en volado debido a la escalera, ver figura 4. Cabe mencionar que esta mampostería es de ladrillo maleta por lo tanto agrega un peso adicional a la estructura. Un aspecto importante para destacar es que la estructura no cuenta con mampostería interior aparte de las ya mencionadas y pequeños antepechos en el perímetro que no sufrieron mayor afectación.



Figura 4 Caída de mampostería de ladrillo maleta en el Pórtico D. Junto a la escalera.

Como acotación, la escalera ubicada en el pórtico A también sufrió fisuras y la caída casi completa de la mampostería que estaba ubicada de forma semicircular sin los amarres necesarios para poder soportarla. En efecto la grada fue proyectada para trabajar apoyada en los pisos y en el descanso trabaja en voladizo. Esta configuración estructural provocó gran daño en la mampostería de los dos primeros pisos, como se observa en la figura 5.



Figura 5 Colapso de Mampostería en dos primeros pisos de gradas.

Se realizó, por medio de esclerometría, ensayos para determinar la resistencia del hormigón en algunas columnas del bloque estructural; los resultados fueron favorables en las columnas que no sufrieron afectación (350 kg/cm^2),

mientras que algunas de las columnas dañadas alcanzaron incluso menos de 150 kg/cm². En la figura 6 se muestra una de las columnas ensayadas del Pórtico D, en que se aprecia que tiene fallas de corte. Con las inyecciones de Sikadur 52 se recuperará la resistencia inicial y con el reforzamiento propuesto se incrementa la rigidez.



Figura 6 Columna en la cual se hizo el ensayo de esclerometría, siendo uno de los resultados más bajos de toda la estructura.

4. MUROS DE CORTE

Los muros de corte son paredes de concreto armado que gracias a sus dimensiones aportan o dan mayor rigidez a la estructura en donde se los coloque. Estos muros son armados en sentido longitudinal y transversal para que puedan resistir esfuerzos axiales, cortantes y momentos.

Este tipo de muro cuenta con varias ventajas en las estructuras, entre las principales se tiene:

- Conservar la rigidez adecuada para proteger elementos de mampostería
- Reducir las deflexiones relativas entre pisos
- Cuando se diseñan y construyen de manera correcta con una adecuada ductilidad pueden actuar como elementos que disipan energía.

Estos muros que se dan como opción para el reforzamiento del Parquadero de la ULEAM se los proyecta entre los ejes 2-3 y 4-5 del bloque D, como se muestra en la figura 7.

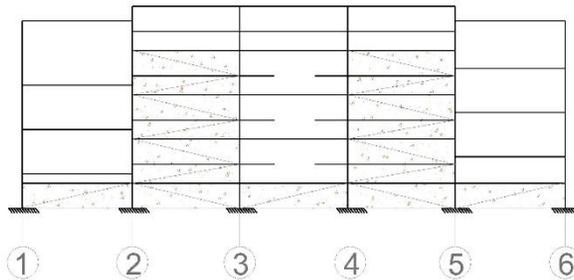


Figura 7 Pórtico D con muros de corte entre los ejes 2-3 y 4-5

El armado para los muros que se propone es con varillas de $1\phi 12\text{mm} @ 15\text{cm}$ en los dos sentidos: horizontal y vertical. Estas varillas van anclados a las vigas y columnas ya existentes. Para las vigas el anclaje es de 15 cm y para las columnas es de 20 cm. Se recomienda que para los anclajes se utilice un taladro en lugar de picar los elementos estructurales. Todo este proceso es para convertir al eje en un solo elemento estructural en lugar de vigas y columnas con mampostería, recordando que las columnas son cortas.

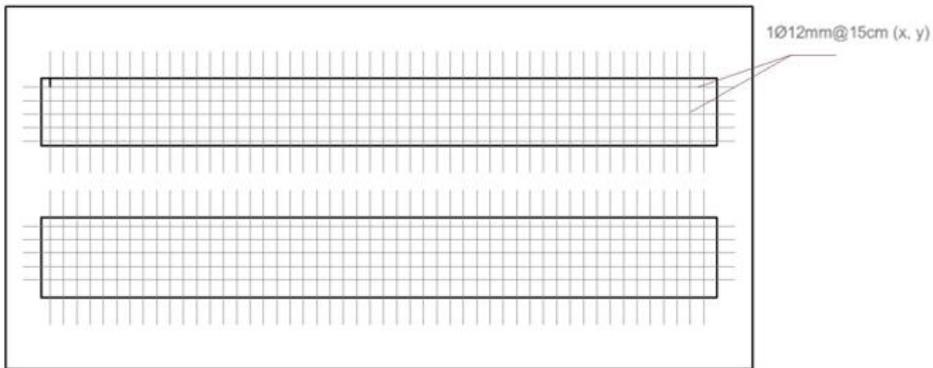


Figura 8 Armadura a colocarse en los sitios donde hay mampostería en el Pórtico D y que dan origen al problema de columna corta.

En la figura 8 se indica la armadura a colocar en los tramos del Pórtico D donde existe mampostería y que son los que han dado origen al problema de columna corta descrito en la figura 2.

5. DISIPADORES DE ENERGÍA

El reforzamiento se complementa con la colocación de disipadores de energía tipo TADAS sobre contravientos en forma de V invertida, como se ilustra en la figura 9. El contraviento está compuesto por un tubo de acero A36 de 320 mm de diámetro y 15 mm, de espesor. La viga del contraviento es un perfil de acero tipo "I" de 400/200/18/15 mm, de una longitud de 1.50 m. Bruneau *et al.* (2011); Dowswell (2011); Aguiar *et al.* (2016, 4).

Sobre cada contraviento se van a colocar 2 paquetes de disipadores TADAS compuestos por 6 placas de las dimensiones indicadas en la tabla 1.

En la figura 10 se presentan los lugares en los cuales van colocados los disipadores en la Estructura del parqueadero, se colocarán en los cuatro pisos; se indica además el sentido de análisis sísmico para la presentación de los resultados de la estructura ante el espectro obtenido en Manta del terremoto del 16 A.

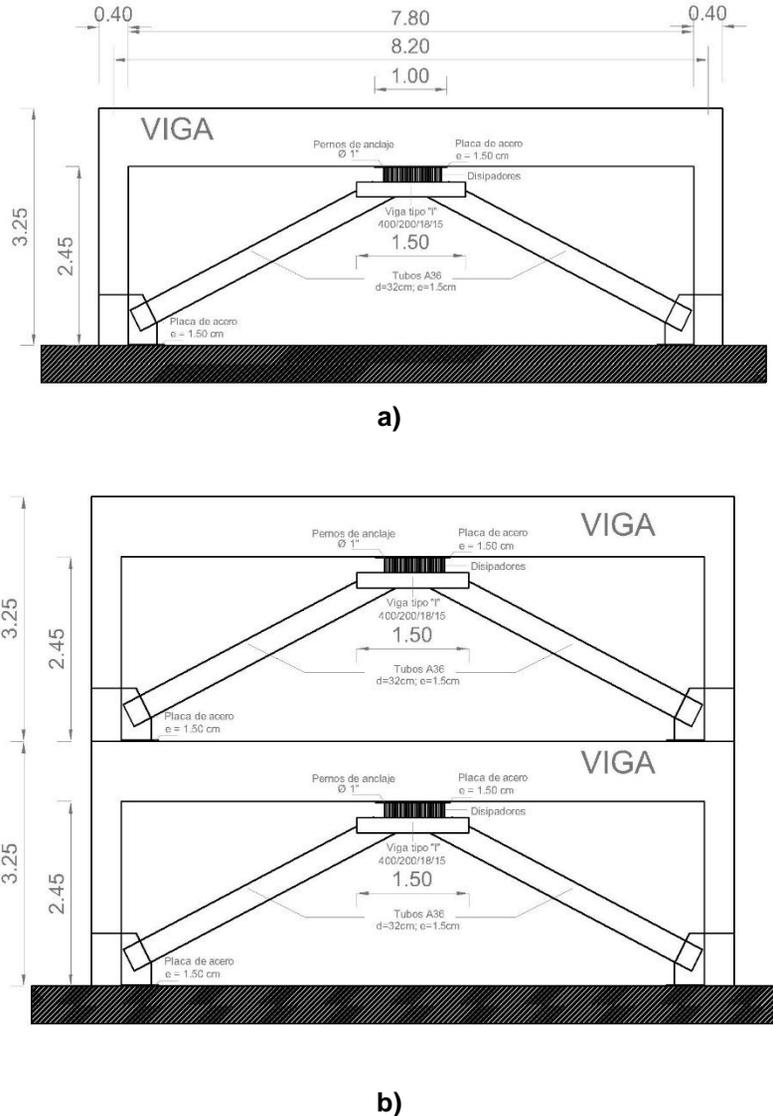
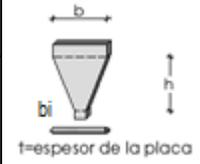


Figura 9 Disipadores de energía tipo TADAS colocados sobre contravientos en forma de V invertida; a) Detalle de colocación en la Planta Baja; b) Detalle de colocación en Planta Baja y Primer piso alto.

En el apartado 8 de este artículo se darán detalles constructivos sobre los collarines, dimensiones de placa Gusset y un detalle de las cantidades que se requieren. Recalcando que los disipadores se colocarán en los 4 pisos en los vanos indicados en la figura 10. En la figura 9 a manera de ejemplo se ofrece solo para los dos primeros pisos para no tener dibujos muy grandes.

Tabla 1 Geometría de una placa del dissipador TADAS

b (cm)	h (cm)	t (cm)	b_i (cm)	n	
20	20	3.2	5.0	6	

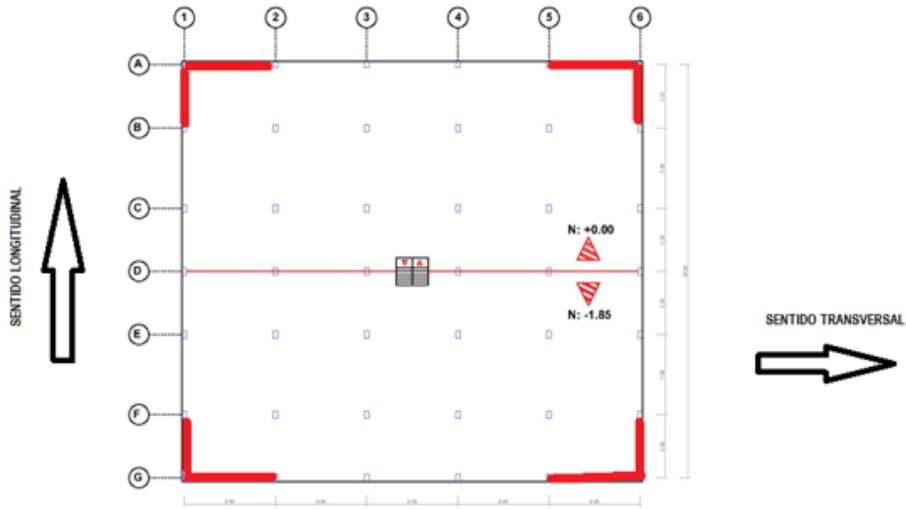


Figura 10 Ubicación de los dissipadores de energía y sentidos de análisis sísmico.

6. ESPECTROS DE ANÁLISIS SÍSMICO

Se realizó el análisis sísmico para las dos componentes (E-W, y N-S) de los espectros obtenidos en Manta, del terremoto del 16 A, los mismos que se presentan en la figura 11 a, que presentan ordenadas espectrales más altas que los espectros que reporta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 para perfiles de suelo C y D. En la gráfica se compara con un perfil de suelo tipo C y se aprecia que para la zona de períodos cortos, el espectro obtenido en Manta tiene ordenadas sumamente altas; para la zona de períodos largos presenta ordenadas mayores que los del NEC-15.

Por lo indicado es conveniente realizar el reforzamiento, utilizando los espectros obtenidos en Manta del terremoto del 16 A.

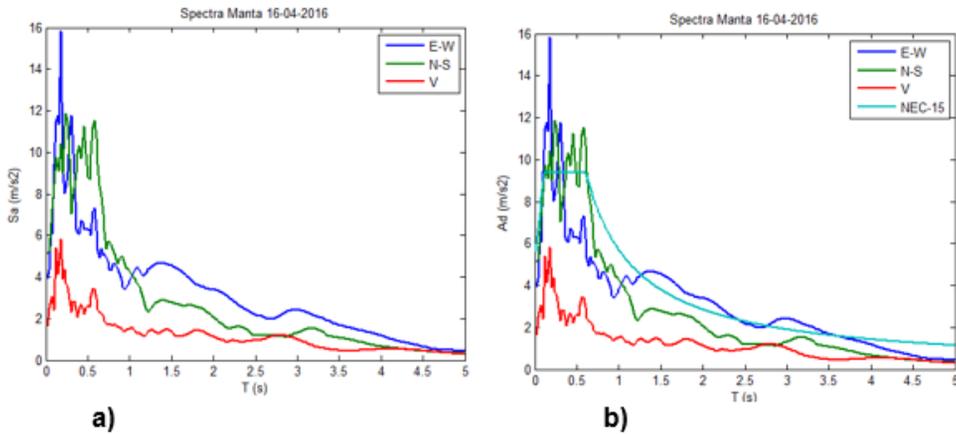


Figura 11 a) Espectros obtenidos en Manta con registros de aceleraciones del terremoto del 16 A; b) Comparación de los espectros de Manta del terremoto del 16 A, con el espectro del NEC-15 en un perfil de suelo tipo C.

7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO

Se realizó el análisis sísmico considerando un modelo de losa rígida, con tres grados de libertad por planta: dos componentes de desplazamiento horizontal de piso y una rotación; los mismos que se hallan ubicados en el Centro de Masas. (Aguiar 2012, 2014).

Se aplicó el Método Espectral utilizando el criterio de combinación modal CQC (Combinación Cuadrática Completa) Chopra (2001). Los resultados que se presentan son: desplazamientos laterales en centímetros; derivas de piso y períodos de vibración.

7.1 Estructura original

Para el análisis de la estructura se tomó en consideración como si fuese de 4 pisos únicamente (o con 4 coordenadas principales a nivel de pórticos) ya que los pórticos literales, sin contar el D, son iguales en forma pero a distintos niveles, además de facilitar el procedimiento de cálculo con resultados igualmente confiables.

a. Matriz de rigidez lateral de Pórticos en sentido X

A continuación se presentan los resultados de la rigidez lateral en el pórtico A, cuyas columnas son de 55/40; del pórtico B, con secciones de 65/40 y que es igual a los pórticos C, E, F y G; y las del pórtico D con columnas de la sección antes mencionada, además de contar con el muro de contención de 1.85 m.

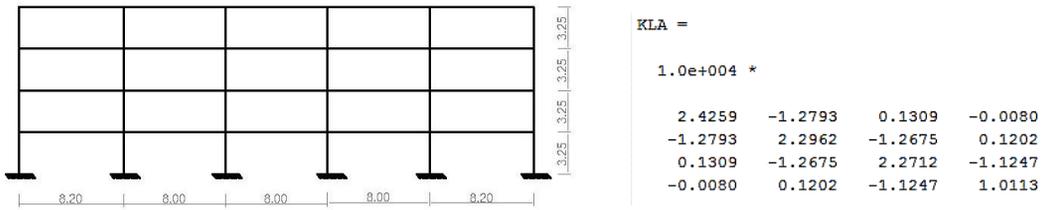


Figura 12 Pórtico A y su matriz de rigidez lateral

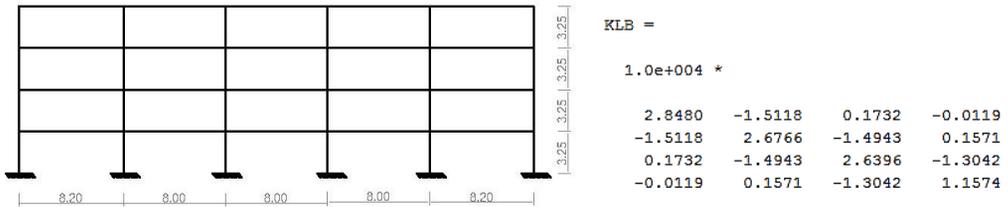


Figura 13 Pórtico B y su matriz de rigidez lateral, igual a los pórticos C, E, F y G.

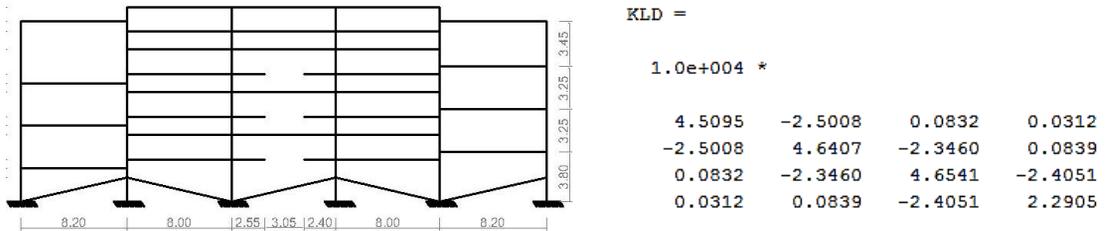


Figura 14 Pórtico D y su matriz de rigidez lateral

b. Matriz de rigidez lateral de Pórticos en sentido Y

En un modelado plano se podría suponer que los pórticos 1 y 2 son iguales, pero en realidad existe una diferencia ya que el pórtico 1, en su parte inclinada, cuenta con vigas de sección constante de 40/80 mientras que el pórtico 2, también en sus elementos inclinados cuenta con vigas de sección variable y que a su vez son distintas entre pisos y tramos.

Las losas en el bloque de parqueadero son de 25 cm de peralte, en este caso son losas macizas ya que tienen que soportar cargas sumamente altas. El peso por metro cuadrado de las losas es de 0.6 T/m². En la estructura no hay mampostería interior exceptuando en el pórtico D y esta carga se omite, por lo que la carga muerta (D) de la estructura corresponde únicamente a los pesos de vigas, columnas y losas.

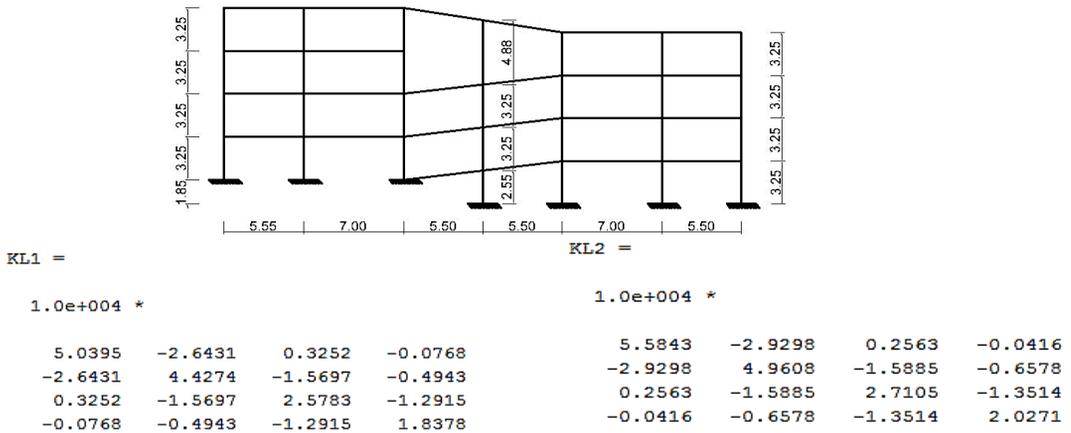


Figura 15 Pórtico 1 y 2, con sus respectivas matrices de rigidez lateral.

Teniendo en cuenta estos valores la carga muerta para todos los pisos es de 0.83 T/m². Y la carga viva (L) se ha considerado como un valor de 0.5 T/m². Para el análisis sísmico se considera un peso por metro cuadrado correspondiente al resultado de la formula $W = D + 0.25 L$ considerando que exista un 25 % de probabilidades de un sismo con la carga viva completa.

El área de las losas es de 1480.66 m². Las masas por piso se obtienen multiplicando el peso por el área total y dividiendo ese valor para la gravedad. Al ser una estructura simétrica las masas son equivalentes en cada piso, dando un resultado de 144.9 T s² / m.

Tabla 2 Resultados del análisis sísmico en Estructura Original.

Piso	Sentido Transversal				Sentido Longitudinal			
	E-W		N-S		E-W		N-S	
	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)
1	2.57	0.79	3.29	1.01	2.10	0.65	3.60	1.10
2	5.16	0.80	6.62	1.02	4.33	0.69	7.42	1.18
3	7.12	0.60	9.13	0.77	6.04	0.53	10.36	0.90
4	8.21	0.33	10.52	0.43	6.86	0.25	11.77	0.43
T (s)	0.772							

7.2 Estructura con muro de corte

Con la reparación propuesta el Pórtico D, va a trabajar con muros de corte. Por lo tanto se realizó un nuevo modelado del pórtico D tomando en cuenta los muros, desde la base hasta la última de las losas utilizadas como estacionamiento, se debe mencionar que en los últimos tramos de columnas en los pisos superiores no se tuvo el problema de columna corta durante el terremoto del 16 A.. Los resultados de la matriz de rigidez lateral obtenidos con esta alternativa se presentan seguidamente y se observa un incremento en la matriz de rigidez lateral.

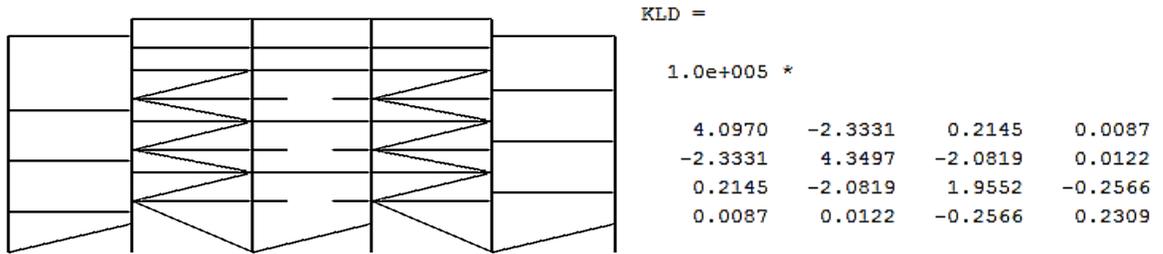


Figura 16 Pórtico D, con modelado de muros de corte y su matriz de rigidez lateral.

Los resultados del análisis sísmico de la estructura con muros de corte, se indican en la tabla 3. Como era de esperarse se rigidizó la estructura y va a tener un mejor desempeño sísmico.

Tabla 3 Resultados del análisis sísmico en Estructura con muros de corte

Piso	Sentido Transversal				Sentido Longitudinal			
	E-W		N-S		E-W		N-S	
	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)
1	1.44	0.44	2.37	0.73	1.34	0.41	2.30	0.71
2	2.89	0.44	4.75	0.73	2.72	0.42	4.66	0.73
3	4.20	0.40	6.91	0.67	3.77	0.32	6.46	0.55
4	5.65	0.45	9.31	0.74	4.08	0.10	7.01	0.17
T (s)	0.599							

7.3 Estructura con muro de corte y disipadores de energía

Al colocar los disipadores de energía se reducen aún más los desplazamientos laterales ya que la estructura tiene más amortiguamiento. Los resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4 Resultados del análisis sísmico en Estructura con muros de corte y disipadores de energía.

Piso	Sentido Transversal				Sentido Longitudinal			
	E-W		N-S		E-W		N-S	
	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)	q (cm)	γ (%)
1	1.36	0.41	2.28	0.70	0.97	0.29	1.35	0.41
2	2.67	0.40	4.56	0.69	1.98	0.30	2.75	0.43
3	3.65	0.30	6.27	0.52	2.77	0.24	3.84	0.33
4	4.20	0.17	7.22	0.29	3.16	0.12	4.34	0.15
T (s)	0.590							

Al comparar los resultados de las tablas 3 y 4 se ve que el período de vibración se mantiene y eso es lo que se desea en las estructuras con disipadores, que se mantenga el período en lo posible y se aumente el amortiguamiento.

8. DETALLES DE COLLARÍN Y PLACAS GUSSET

En la figura 17 a, se presenta el collarín que debe colocarse en las columnas donde van las diagonales que soportan a los disipadores y están detalladas en la tabla 5. La altura h del collarín es de 70 cm., se recomienda construir dos piezas a una en forma de C, fuera de la obra, se coloca a la columna dejando pasado 1.5 cm, en el extremo libre y luego en el sitio se coloca la placa que falta, la misma que va soldada en toda su longitud con un electrodo E70.

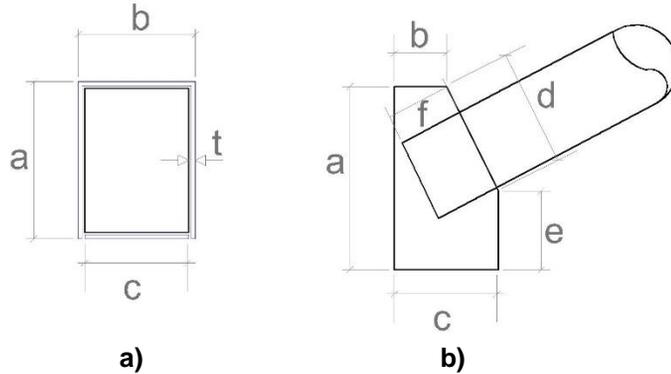


Figura 17 a) Geometría del Collarín a colocarse sobre las columnas; b) Placa Gusset con perfil de acero tubular.

Tabla 5 Dimensiones del Collarín y de la Placa Gusset.

EJE	COLLARÍN (cm)					Placa Gusset (cm)					
	h	a	b	c	t	a	b	c	d	e	f
A1 - B1 - F1 - G1	70	58	43	40	1.5	70	20	40	45	30	25
A2 - A5 - A6 - B6 - F6 - G2 - G5 - G6	70	63	43	40	1.5						

En la figura 17 b; se indica la placa Gusset que va soldada al collarín, en el lado vertical y a una placa en la base horizontal. El espesor de la placa del collarín como el espesor de la placa Gusset es de 1.5 cm. La geometría de la placa Gusset está indicada en la tabla 5.

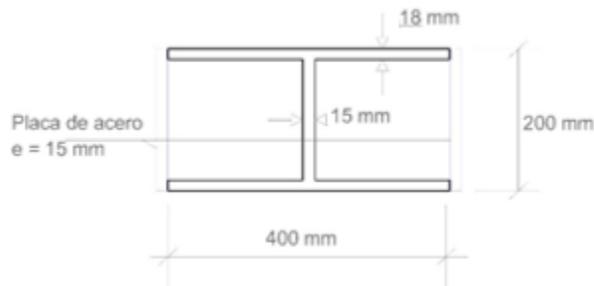


Figura 18 Sección transversal de viga "I" que va en la parte superior de las diagonales del Contraviento

Se había indicado que las diagonales del contraviento son de acero tubular A36 y que tienen un diámetro de 320 mm y un espesor de 15 mm. Ahora bien, en la parte superior va una viga de acero tipo "I", de 200 mm de alto; 400 mm de ancho

para que pueda apoyarse los disipadores TADAS y se tenga espacio para colocar los pernos de fijación. El espesor del ala es de 18 mm y el espesor del alma es de 15 mm. Esta viga tiene que ser construida a partir de placas de acero.

Para que esta viga "I" tenga mayor rigidez, en sus extremos y en una longitud de 1.5 m, se colocarán dos placas de acero de 1.5 cm, de espesor, las mismas que aparecen en la figura 18.

La base triangular del TADAS va apoyada en esta viga "I", y la punta del TADAS que tiene un cilindro de acero va insertado en la Peineta.

La Peineta va anclada a una placa de acero de 1.5 cm, de espesor a su vez va anclada a la viga de hormigón.

Para todo el Parqueadero se requieren 64 disipadores TADAS, de 6 placas cada uno y de las dimensiones indicadas en la tabla 1. El costo aproximado de cada disipador sin incluir valores de transporte a Manta es de 4400 dólares. A este precio se debe añadir el costo de los ensayos que deben realizarse para verificar las curvas constitutivas.

9. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Los daños resultantes del terremoto del 16A en el bloque del Parqueadero de la ULEAM son de columna corta debidos a la carencia en la previsión para este tipo de fallas. El pórtico D fue el único afectado por este problema, lo que claramente da a entender que pudo ser evitado tomando las precauciones debidas en el diseño del mismo.

La propuesta de este artículo es el de construir muros de corte en las secciones 2-3 y 4-5 del pórtico ya mencionado en lugar de la mampostería de ladrillo maleta que cuenta en la actualidad. Esto para evitar que se siga teniendo columnas cortas y convertir toda la sección en un solo elemento estructural.

Por otra parte, es fundamental colocar disipadores de energía TADAS, en los sitios seleccionados para incorporar amortiguamiento a la estructura y de esta forma se garantiza un buen comportamiento sísmico.

No se debe pasar por alto el reforzamiento de la escalera ubicada en el pórtico A ya que ese tema no fue abordado en el presente artículo. Pero esa grada es recuperable por la forma que tiene se recomienda reconstruir con paredes Gypsum.

AGRADECIMIENTO

Al Profesor Fernando del Castillo, catedrático, calculista estructural y constructor, por las ideas dadas para reforzar el edificio de Parqueadero de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

REFERENCIAS

1. ACI 318S-14 (2014) *Requisitos de reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14). Comentario a requisitos de reglamento para Concreto Estructural (ACI 318RS-14). Preparado por el Comité ACI 318*, American Concrete Institute.
2. Aguiar R., Rodríguez M., Mora D., (2016,1), *Análisis sísmico de estructuras con disipadores ADAS o TADAS*, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería Sísmica CIMNE, IS-73, 174 p., Barcelona, España.
3. Aguiar R., Bozzo L., Coyago H., Andino C., (2016,2), "Análisis sísmico de Bloque Estructural 4 de UFA-ESPE con Disipadores de Energía Shear Link Bozzo", *Revista Ciencia*, 18, 2, 123-160. www.revista-ciencia.espe.edu.ec
4. Aguiar R., Llerena E., Jiménez L., (2016,3), "Análisis sísmico de Auditorio de UFA-ESPE con vigas San Andrés y Disipadores de Energía Shear Link Bozzo", *Revista Ciencia*, 18, 2, 173-200. www.revista-ciencia.espe.edu.ec
5. Aguiar R., Silva H., Coyago H., (2016,4), "Desarrollo de un programa en EXCEL para diseñar placas Gusset. Aplicación a una estructura con disipadores de energía de la UFA-ESPE", *Revista Ciencia*, 18, 3, 353-380. www.revista-ciencia.espe.edu.ec
6. Aguiar R., Bozzo L., Mora D., Silva H., Caiza P., Coyago H., (2016,5), "Protocolo de Instalación de disipador Shear Link Bozzo SLB40_3 y placas Gusset en el Bloque Estructural 4 de la UFA-ESPE", *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21, 2, 127-150. www.riie.espe.edu.ec
7. Aguiar R., (2014), *Análisis Matricial de Estructuras*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia IPGH, cuarta edición, 676 p., Quito.
8. Aguiar R., (2012), *Dinámica de Estructuras con CEINCI-LAB*, Segunda Edición, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH, 416 p., Quito.
9. AISC (American Institute of Steel Construction). (2010). ANSI/AISC 360-10, Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, IL.
10. Bruneau, M., Uang, C.M., and Sabelli, R. (2011). Ductile design of steel structures, 2nd Edition, McGraw-Hill.
11. Chang S., Tsai K., Chen K., (1998), "Improved time integration for pseudo dynamic tests", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol 27, 711-730.
12. Chopra A. K. (2001), *Dynamic of structures: Theory and applications to earthquake engineering*, 2nd edn. Prentice Hall: Saddle River New York.
13. Dowswell, B. (2011). *Connection Design For Steel Structures*, Structural Design Solutions.
14. Kotulka, B. A. (2007). *Analysis for a design guide on Gusset Plates used in Special Concentrically Braced Frames*. University of Washington.
15. NEC-2015 (2015) Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, ministerio de la vivienda MIDUVI
16. Tena A., Nangullasmú H., (2013) "Diseño sísmico de marcos no dúctiles de concreto reforzado con disipadores de energía histeréticos: Definición de parámetros de diseño". *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 13 (2), 275-299.
17. Tena-Colunga, A. y H. J. Nangullasmú-Hernández (2015), "Assessment of seismic design parameters of moment resisting RC braced frames with

- metallic fuses”, *Engineering Structures*, Vol. 95, pp. 138-153, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.03.062>.
18. Tsai K-C., Chen H-W., Hong C-P. y Su Y-F, (1993), “Design of steel triangular plate energy absorbers for seismic-resistant construction”, *Earthquake Spectra*, 9 (3), 505-528.
 19. Zambrano F. (2016). *Informe técnico de evaluación estructural de la vivienda del Sr. Eduardo Sánchez durante el terremoto del 16 de abril de 2016*. Evvaluación Estructural, 8 p. Manta Ecuador.