



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Lora-Alonso, Fidel A.; Álvarez-Deulofeu, Eduardo Rafael
DISEÑO ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS DE
VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA EN PALMA SORIANO
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 4, 2018, Octubre-Diciembre 2019, pp. 68-83
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358509006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

DISEÑO ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA EN PALMA SORIANO

EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURAL DESIGN OF HOUSING BUILDINGS OF REINFORCED MASONRY IN PALMA SORIANO

Autores

Fidel A. Lora-Alonso, fiale89@nauta.cu¹

Eduardo Rafael Álvarez-Deulofeu, ealvarez@uo.edu.cu¹

¹Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

Se evalúan variantes de edificios de viviendas de mampostería reforzada de dos a cinco pisos para su construcción en Palma Soriano. La ciudad, según la NC46: 2017 aunque clasifica como de alta peligrosidad sísmica (zona 4), es una zona de menor peligrosidad sísmica que la ciudad de Santiago de Cuba (zona 5), por lo que representa una zona de transición a otras zonas de moderada peligrosidad sísmica. Para el diseño estructural se utilizan modelos avanzados en elementos finitos bidimensionales (shell), con la aplicación de la teoría de placas y el programa SAP2000 versión 11. Se chequean todos los muros de mampostería reforzada y vigas de hormigón armado de acople mediante formulaciones recomendadas por la norma mexicana para el diseño de edificios de mampostería reforzadas del 2002 y las formulaciones del ACI 318:2008 respectivamente, para lo cual en ambos casos se generaron plantillas de cálculo Excel.

Palabras clave: sismorresistencia, mampostería reforzada y peligrosidad sísmica moderada.

ABSTRACT

In this work we evaluate the alternatives of reinforced masonry buildings from 2 to 5 floors to be built in the Palma Soriano. The city of Palma Soriano according to NC46: 2017 although classified as highly seismic hazard (zone 4) is an area of less seismic hazard than the Santiago de Cuba city (zone 5), so it represents an area of transition to other zones of moderate seismic hazard. For the structural design, advanced two-dimensional finite element (shell) models are used, applying the plate theory and using the SAP2000 version 11 program. All reinforced masonry walls and reinforced concrete beams are checked, applying formulations recommended by the company. Mexican standard for the design of reinforced masonry buildings of 2002 and the formulations of ACI 318: 2008 respectively, for which in both cases EXCEL calculation templates were generated.

Key words: Seismic resistant, reinforced masonry and seismic hazard.

INTRODUCCIÓN

La prevención y mitigación de los daños que producen los desastres naturales es una problemática actual y de carácter multidisciplinario. Puede afirmarse incluso que la preparación y atenuación ante la acción de estos perjuicios adquiere carácter universal, pues según el mapa de las placas tectónicas y reportes ofrecidos por los servicios sismológicos de los distintos países, prácticamente ninguna región del planeta está exenta de la ocurrencia de un evento sísmico; además, existen regiones donde pueden ocurrir sismos fuertes, incluyendo a nuestro país.

Es por ello que se precisa que los ingenieros estructurales doten a sus proyectos, en especial a los de vivienda, de un nivel de detalles específicos. Estos detalles, aun siendo racionales, deben garantizar la seguridad sísmica, disminuir la vulnerabilidad y evitar pérdidas económicas y de vidas humanas. Así se lograría reducir al máximo el riesgo que corren todas las edificaciones de sufrir daños ante estos desastres naturales.

Existen procedimientos de diseño estructural basados en el Método de los Elementos Finitos (MEF), empleados para el análisis de estructuras cuando se requiere de un nivel de detalle mayor. Se utilizan, además, para estructuras de mampostería reforzada, ya que en la práctica internacional no son utilizados frecuentemente por las empresas de proyectos, debido a la pertinencia de los proyectos en correspondencia con las exigencias de la economía de mercado. Normalmente no existe disponibilidad de *software* que ofrezcan directamente el diseño estructural de la mampostería reforzada. Esto provoca un elevado gasto de tiempo para lograr procesar los resultados ofrecidos por los *software*, cuyo alcance queda solo a nivel de un riguroso análisis estructural, para poder realizar el posterior diseño estructural basado en las formulaciones empíricas que aparecen en las normas de diseño.

El objetivo del trabajo fue definir si las variantes de edificios estudiadas son construibles a partir de datos de partida para el diseño estructural.

METODOLOGÍA

Generación de variantes

Las cargas sísmicas resultan del método estático equivalente, considerando un comportamiento cuasi elástico de la estructura, y han sido obtenidas a partir de los reglamentos utilizados. Se considera también una reducción de las cargas sísmicas ofrecidas por la NC 46: 2014, asumiendo un factor de reducción por ductilidad de 2,5. Las solicitaciones de cálculo son obtenidas de las combinaciones de cargas recomendadas por los reglamentos utilizados (Tabla 1) para estados de cargas de las acciones sísmicas, que consideran las excentricidades accidentales máximas y mínimas de los centros de masas en los entrepisos y cubierta, contemplando adicionalmente las cargas sísmicas verticales inducidas por el sismo. La evaluación del diseño estructural de las variantes para las cargas sísmicas calculadas por tres formas diferentes permitió confirmar o discriminar aquellas que pudieran ser construidas para la zona sísmica objeto de estudio.

Los resultados obtenidos se corresponden con la solución del Paso 5 de la metodología ERAD, la que se aplica al estudio de las variantes de edificios generadas, por lo cual da continuidad a investigaciones precedentes, con el objetivo de definir la futura introducción de estas variantes de edificios en zonas de alta o moderada peligrosidad sísmica del país.

La aplicación de la metodología ERAD al estudio de variantes de edificios de viviendas de mampostería reforzada en zonas de alto riesgo sísmico supone que se resuelvan los pasos siguientes:

1. Peligrosidad sísmica y característica de la base de suelo soportante.
2. Generación de las variantes de edificios.
3. Evaluación de la tipología estructural y detalles constructivos.
Modificaciones al sistema constructivo.

4. Testimonio acerca de la influencia de los parámetros variables seleccionados en el comportamiento dinámico de las variantes de edificios generados.
5. Diseño de las zonas críticas de la estructura.
6. Evaluación de la seguridad sísmica.
7. Comparación económica para estimar costo adicional por seguridad sísmica.
8. Evaluación final.

9. **Tabla 1.** Combinaciones de cargas por las normas sísmicas NC 46:1999 (Cuba. Comité Estatal de Normalización) y NC 46:2017 (Cuba. Comité Estatal de Normalización)

Método estático equivalente según la norma NC 46:1999
(Considera Excentricidades Accidentales)

Combinaciones de excentricidades máximas
Cargas Mayoradas
Combo 5 - 1.2 PP + 1.2 CP+ 1.12 CTld + 0.7 CTcd + 1.30 CSEmax_x + 0.39 CSEmax_y
Combo 6 - 1.2 PP + 1.2 CP+ 1.12 CTld + 0.7 CTcd + 0.39 CSEmax_x + 1.30 CSEmax_y
Combo 7 - 0.9 PP + 0.9 CP+ 1.30 CSEmax_x + 0.39 CSEmax_y
Combo 8 - 0.9 PP + 0.9 CP+ 0.39 CSEmax_x + 1.30 CSEmax_y
COMBINACIONES DE EXCENTRICIDADES MÍNIMAS
Cargas Mayoradas
Combo 13 - 1.2 PP + 1.2 CP+ 1.12 CTld + 0.7 CTcd + 1.30 CSEmin_x + 0.39 CSEmin_y
Método estático equivalente NC 46:2013 (Considera Excentricidades Accidentales)
Combinaciones de excentricidades máximas
Cargas mayoradas
Combo 5 - (PP+CP) + 0,20 CT + 0,20 CT _{cub} + CSx + 0,30 CSy + CSz
Combo 6 - (PP+CP) + 0,20 CT + 0,20 CT _{cub} + 0,30 CSx + CSy + CSz
Combo 7 - (PP+CP) + CSx + 0,30 CSy -CSz
Combo 8 - (PP+CP) + 0,30 CSx + CSy - CSz
Combinaciones de excentricidades mínimas
Cargas mayoradas
Combo 13 - 1,20 (PP+CP) + 0,20 CT + 0,20 CT _{cub} + CSx + 0,30 CSy + CSz
Combo 14 - 1,20 (PP+CP) + 0,20 CT + 0,20 CT _{cub} + 0,30 CSx + CSy + CSz
Combo 15 - 0,9 (PP+CP) + CSx + 0,30 CSy -CSz
Combo 16 - 0,9 (PP+CP) + 0,30 CSx + CSy - CSz
Combo 14 - 1.2 PP + 1.2 CP+ 1.12 CTld + 0.7 CTcd + 0.39 CSEmin_x + 1.30 CSEmin_y
Combo 15 - 1.2 PP + 1.2 CP+ 1.30 CSEmin_x + 0.39 CSEmin_y
Combo 16 - 0.9 PP + 0.9 CP+ 0.39 CSEmin_x + 1.30 CSEmin_y

Este trabajo no persigue como objetivo ofrecer un proyecto ejecutivo de las variantes de edificios estudiadas, sino definir si son construibles a partir de datos de partida para el diseño estructural, establecidos como límites por los autores con vistas a garantizar un futuro proyecto estructural con facilidades constructivas para su ejecución (Tablas 2 y 3). Es por ello que las variantes que resulten

finalmente construibles deben ser rediseñadas estructuralmente con vistas a ofrecer proyectos ejecutivos técnicamente racionales, que puedan ser sustentables económicamente.

RESULTADOS

Evaluación de la influencia del cambio de norma sísmica en el diseño estructural de las variantes generadas

Se evalúa la influencia del cambio de norma sísmica, considerando la nueva norma sísmica NC 46 2017 (Cuba. Comité Estatal de Normalización, 2017), de lo cual resulta una discreta reducción de las demandas sísmicas horizontales, debido a que según este nuevo reglamento disminuye discretamente el peso sísmico (figura 1). La disminución del peso sísmico está condicionada por la consideración de un por ciento significativamente menor de cargas de utilización en la NC 46:2017, que actúan simultáneamente con las cargas de peso propio y cargas permanentes. Debe aclararse que la peligrosidad sísmica para la ciudad de Palma Soriano, por el cambio de reglamento, apenas se modifica en el caso de edificios soportados en bases de suelos rígidos (Perfil C). Un análisis comparativo similar en relación con las demandas sísmicas en edificios (coeficientes de amplificación dinámica de las aceleraciones del suelo) muestra que para edificios con períodos fundamentales de oscilación en el dominio de resonancia del suelo, como es el caso que nos ocupa, no resultan cambios significativos en estas demandas sísmicas. El valor algo menor del coeficiente sísmico horizontal obtenido para las variantes de edificios generadas de la aplicación del nuevo reglamento sísmico, se debe a que resulta una reducción por ductilidad algo mayor para edificios con comportamiento cuasi elástico.

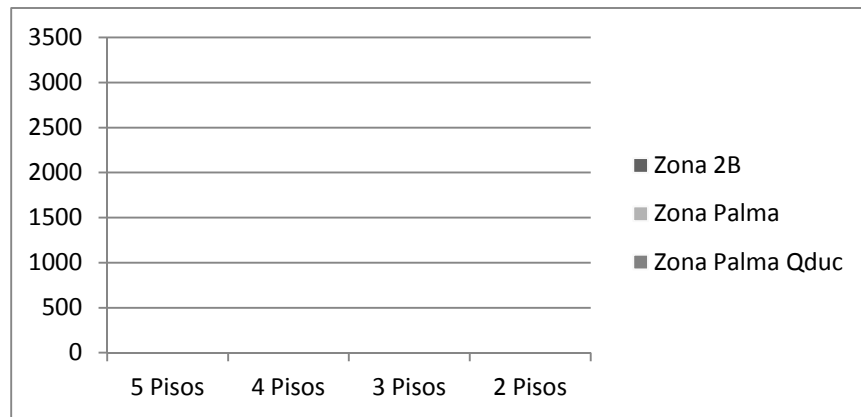


Figura 1. Comparación de los cortantes basales de las variantes generadas

Para la evaluación de la influencia del cambio de norma sísmica en el diseño estructural de las variantes generadas debe considerarse también que, según el nuevo código sísmico, en general no podrán ser excluidas las solicitaciones, debido a las acciones sísmicas verticales. En el caso del diseño estructural de los muros de mampostería reforzada resultarán incrementos en los esfuerzos axiales, tanto en carga como en descarga, lo que modificará el comportamiento de estos muros a la flexión compuesta. Otro factor a tener en cuenta para la evaluación será la no consideración por el nuevo código de coeficientes de mayoración de las solicitaciones sísmicas en las combinaciones de carga.

Finalmente, para evaluar la influencia del cambio de norma sísmica en el diseño estructural de los muros de mampostería reforzada se considera la revisión de dos estados límites últimos por separado: la flexión compuesta y el cortante. En el caso de las vigas de acople de hormigón armado se considera la revisión de los estados límites últimos de flexión simple y cortante. La evaluación de la influencia del cambio de norma sísmica en el diseño estructural de los muros de mampostería reforzada, basada en la revisión del estado límite último de flexión compuesta, muestra que para los elementos de rigidización dispuestos en el eje X para la variante de 4 niveles cumplen todos los muros a partir del segundo piso; a diferencia de lo que ocurre por el código anterior, que en el segundo piso de la

misma variante un número significativo de muros aún no cumple con este estado límite.

Sin embargo, para los elementos de rigidización dispuestos en el eje Y el cambio de código no mejora significativamente el comportamiento de estos muros a flexión compuesta. La evaluación de la influencia del cambio de norma sísmica, basada en la revisión del estado límite último de cortante, muestra a este estado límite dominante con respecto a la flexión compuesta, ya que para la variante de 4 niveles para el cambio de código aún en el tercer piso existen muros que no cumplen con este estado límite.

Se hace una evaluación de la influencia del cambio de norma sísmica en el diseño estructural de las vigas de hormigón armado, basado en las formulaciones del ACI 318: 2008. Para ello se revisan los estados límites últimos de flexión simple y a cortante. Para las variantes diseñadas por el nuevo código, considerando un comportamiento cuasi elástico, resulta que cumplen todas las vigas dispuestas en los ejes X y Y para las variantes de 2 y 3 niveles. En cambio, según el código anterior, en el eje Y de la variante de 3 niveles el diseño no procede para una de las vigas cortas del primer piso del pórtico central, debido a que exige de un tipo de refuerzo diagonal que por razones técnico-constructivas no puede ser dispuesto. Para las vigas que salvan los vanos dispuestos en el eje X del primer piso, específicamente todas las vigas del pórtico B para la variante de 4 niveles, aunque el cambio de código mejora significativamente el comportamiento de estos elementos ocurre lo mismo para la viga corta mencionada anteriormente. En la dirección de Y para esta variante de 4 niveles por el cambio de código llegan a cumplir las vigas cortas del primer piso en los pórticos, E, F y H, que precisaban de refuerzo diagonal según el código anterior.

Para la variante de 5 niveles todas las vigas cortas del primer piso no cumplen con el criterio de discriminación establecido en este trabajo para la revisión del estado límite de cortante para el diseño a cortante realizado con vistas a las solicitaciones calculadas, según el código sísmico anterior. No obstante, con el cambio de código todas ellas cumplen con este criterio de discriminación. Todas las variantes

generadas fuero estrictamente conformadas a partir de una planta de arquitectura definida para esta investigación (ver figura 2).

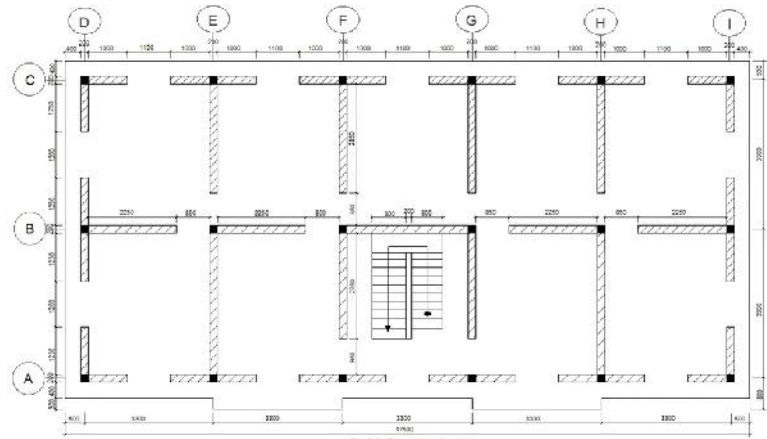


Figura 2. Planta de arquitectura

Se puede resumir que el diseño estructural a cortante, según el criterio de discriminación asumido, solo no procede en algunas de las vigas cortas del primer piso, en todos los casos siempre se cumple la condición de resistencia a flexión simple.

Evaluación de la influencia de la consideración de factores de reducción por ductilidad en el diseño estructural

Al estudiar el reglamento mexicano se aprecia que este no permite el uso de factores de reducción por ductilidad; o sea, solo admite un comportamiento cuasi elástico. Otros reglamentos de referencia internacional para el diseño estructural de edificios de mampostería reforzada, como por ejemplo el de Nueva Zelanda y precisamente el nuevo código sísmico cubano, admiten reducciones por ductilidad en estructuras de mampostería reforzada interiormente. Por lo anteriormente expuesto se estudian las variantes de edificios generadas, asumiendo un factor de reducción por ductilidad de 2.5, que puede considerarse moderado en relación con los valores máximos que pudieran alcanzarse.

Esta reducción por ductilidad debe garantizarse con los detalles constructivos recomendados por reglamentos de referencia internacional y por la literatura

especializada para limitadas zonas de la estructura, donde se prevén disipaciones de energía. Tal valor implicaría para las variantes de edificios analizadas una reducción aproximada de un 36 % del cortante basal y a su vez de las cargas sísmicas horizontales por niveles.

Finalmente, para la evaluación de la influencia de la consideración de factores de reducción por ductilidad en el diseño estructural de los muros de mampostería reforzada se considera la revisión de dos estados límites últimos por separado: la flexión compuesta y el cortante. En el caso de las vigas de acople de hormigón armado se considera la revisión de los estados límites últimos de flexión simple y cortante.

En la revisión del estado límite último de cortante se revela que para la variante de 4 niveles cumplen todos los muros, excepto el que soporta la escalera en el primer piso, lo cual muestra que este muro es crítico para el análisis a cortante. Del análisis comparativo con las variantes de edificios diseñadas estructuralmente para un comportamiento cuasi elástico, se puede concluir que la consideración de la reducción por ductilidad mejora mucho el comportamiento a cortante de los muros de mampostería reforzada. Una evaluación de la influencia de la consideración de factores de reducción por ductilidad en el diseño estructural de los muros de mampostería reforzada, basada en la revisión del estado límite último de flexión compuesta, muestra a este estado límite como dominante con respecto al cortante. Así, para la variante de 4 niveles, aun considerando la reducción por ductilidad en el primer piso, los muros dispuestos en las fachadas del edificio no cumplen con este estado límite (figura 5), llegando a ser crítico el comportamiento de los muros de la fachada frontal del edificio, que presenta muros más estrechos debido a la mayor fenestración de la misma.

Pudiera concluirse que la consideración de reducción por ductilidad de las cargas sísmicas actuantes en las variantes de edificios estudiadas, no obstante mejorar el comportamiento de los muros a cortante, no aportó una mejoría significativa en el comportamiento de los muros a la flexión compuesta. Esto ocurre debido a que este comportamiento está más influenciado por los axiales de cálculo, que no se

reducen mucho en cada uno de los muros debido a la reducción por ductilidad de las acciones sísmicas horizontales; asimismo, en el caso de los muros del primer piso definen la condición de resistencia a flexión compuesta. A esto debe añadirse el hecho de que se consideran incrementos en los axiales debido a las aceleraciones sísmicas verticales, que no varían con la introducción del factor de reducción por ductilidad.

Basado en todo lo anteriormente planteado, pudiera recomendarse reanalizar la variante de 4 niveles para una reducción de las cargas gravitatorias; es decir, reduciendo las cargas muertas en los entresijos y cubiertas; por ejemplo, sustituyendo el atestado de piso por hormigón celular y proponiendo una solución de impermeabilización de la cubierta con mantas asfálticas. Haciendo una evaluación de la influencia de la consideración de factores de reducción por ductilidad en el diseño estructural de las vigas de hormigón armado, basada en la revisión del estado límite último de cortante, muestra que cumplen todas las vigas de las variantes de edificios estudiadas. Del análisis comparativo con las variantes de edificios generadas y diseñadas estructuralmente, se puede concluir que la consideración de la reducción por ductilidad mejora considerablemente el comportamiento a cortante de las vigas de hormigón armado, lo cual había sido el criterio dominante en el comportamiento de las vigas.

Discriminación de variantes generadas para la zona sísmica objeto de estudio

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se pudo conocer que las variantes de edificios de 5 niveles de mampostería reforzada a construir en la ciudad de Palma Soriano, sobre bases de suelos rígidos, pueden ser discriminadas. Las variantes de 2 niveles pueden construirse incluso considerando un comportamiento cuasi elástico ante las acciones sísmicas de diseño, lo cual garantizaría la ocurrencia de daños mínimos en los elementos estructurales. Las variantes de 3 niveles pueden construirse solo considerando un comportamiento elasto-plástico del edificio ante las acciones sísmicas de diseño, asumiendo

reducciones por ductilidad moderadas, lo cual supondría aceptar daños estructurales en zonas destinadas a disipar la energía sísmica.

Para esta variante de 3 niveles un comportamiento cuasi elástico sería posible solo considerando reducciones adicionales en las cargas gravitatorias (cargas muertas) por innovaciones tecnológicas. Por último, la variante de 4 niveles puede construirse solo considerando un comportamiento elasto-plástico del edificio ante las acciones sísmicas de diseño y adicionalmente la reducción de las cargas gravitatorias referidas anteriormente, ver tabla 2.

Tabla 2. Matriz de discriminación de variantes

Palma Soriano NC46: 1999	Palma Soriano NC46: 2017 (Rd=1,6)	Palma Soriano NC46: 17 (Rd=2,5)
5 niveles	5 niveles	5 niveles
4 niveles	4 niveles	4 niveles
3 niveles	3 niveles	3 niveles
2 niveles	2 niveles	2 niveles

Validación del diseño estructural mediante el uso del método de análisis lineal en el tiempo

Se realizó una validación del diseño estructural mediante el uso del método de análisis lineal en el tiempo, partiendo de un análisis dinámico, el cual se correspondería con el paso 6 de la metodología ERAD (evaluación de la seguridad sísmica). Para el análisis de las variantes se introducen los acelerogramas del sismo de Altadena, escalados sus valores en un 50 %. Estos fueron escalados según lo recomendado por el nuevo código cubano en relación con las aceleraciones máximas de los sismos de cálculos. La aceleración máxima del suelo recomendada para edificaciones ordinarias a construir en la ciudad de Palma Soriano, soportadas en perfiles de suelo rígidos (perfil C), sería aproximadamente de $2,0 \text{ m/s}^2$.

Las respuestas solo se obtuvieron para la variante de 4 pisos, haciendo énfasis en el análisis del muro 3 del pórtico B en el primer piso y para la viga que salva el vano 3 en el pórtico B también en el primer piso. Estos elementos mencionados

anteriormente fueron sugeridos como elementos críticos, debido a que se muestran vulnerables para los estados de cargas revisados para cada una de las variantes generadas.

Se comprueba de la historia del cortante que el valor límite del cortante admitido para este trabajo, por razones constructivas, para la necesidad de colocación de refuerzo diagonal es superado en 2 ciclos de cargas en toda la historia del evento (figura 3). Lo anterior corrobora la necesidad de reducción de estas altas solicitaciones de cortante en la viga, basada en una respuesta elasto-plástica de la estructura que garantice reducciones por ductilidad de las cargas sísmicas. Igualmente sucede para el muro B3 seleccionado, donde la respuesta supera casi para tres ciclos de cargas el cortante resistente total del muro, obtenida de la contribución de la mampostería y del acero dispuesto (figura 3).

Haciendo un análisis de las solicitaciones actuantes de axial y momento flector en el plano del muro B3, debido a la acción combinada del sismo con las cargas gravitatorias, se observa que para toda la historia resulta un comportamiento a flexo-compresión y aunque se experimentan ciclos de cargas y descargas, de estas últimas nunca resultan tracciones en el muro analizado. El diagrama de interacción a flexión compuesta, como se observa en la figura 3, muestra que aunque las demandas sísmicas son altas la capacidad resistente del muro B3 a flexo-compresión nunca llega a ser sobrepasada. No obstante, el hecho de que las demandas sísmicas a cortante para este muro superen claramente casi para tres ciclos de cargas el cortante resistente total del muro sugiere construirlo de hormigón armado.

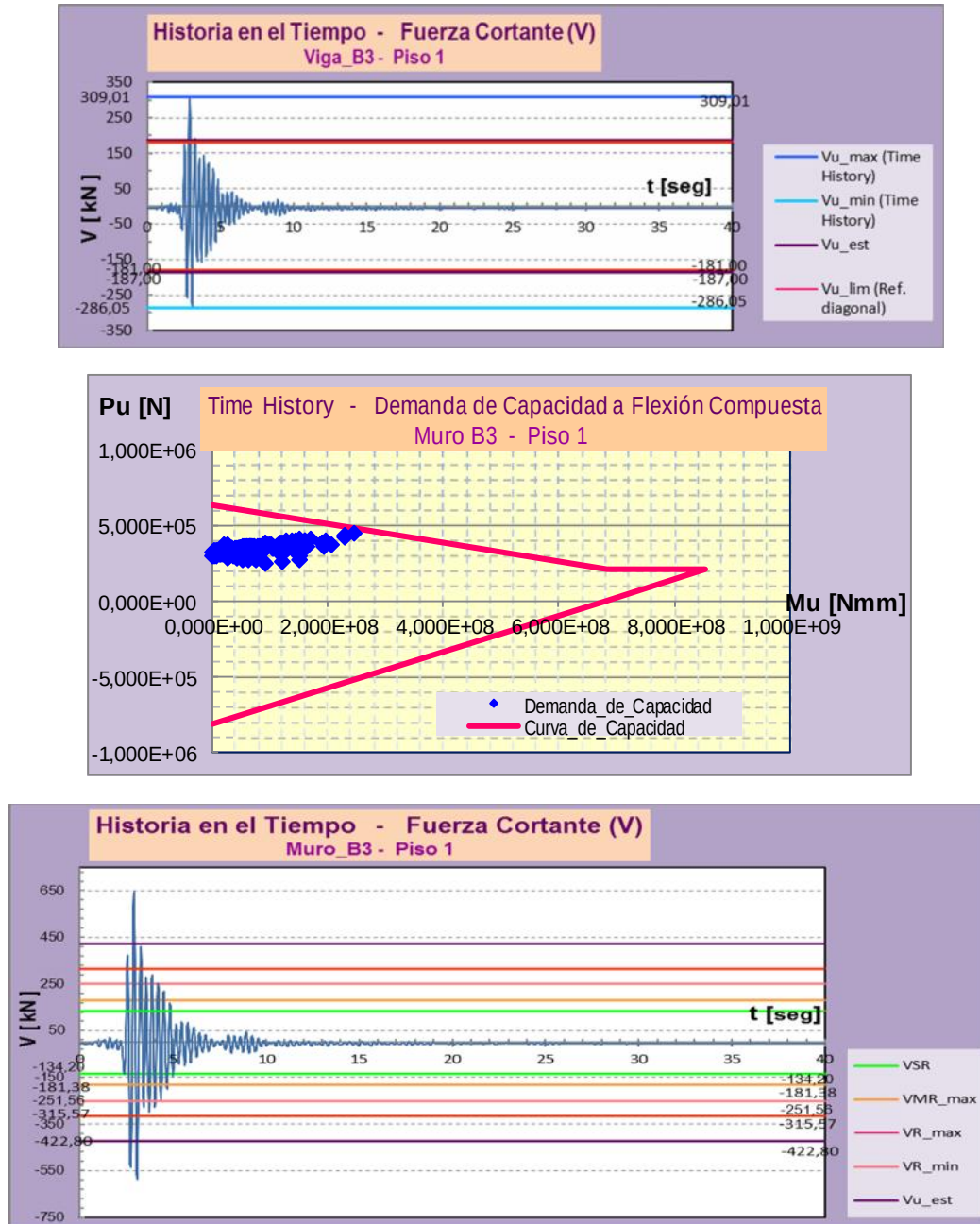


Figura 3. Historia en el tiempo de la demanda de capacidad a flexión compuesta, fuerza cortante en el primer piso del Muro B3 y viga B3

CONCLUSIONES

1. La peligrosidad sísmica para la ciudad de Palma Soriano por el cambio de reglamento apenas se modifica en el caso de edificios soportados en bases de suelos rígidos (Perfil C). No obstante, resulta una discreta reducción de las demandas sísmicas horizontales, condicionada por la consideración de un por ciento significativamente menor de cargas de utilización en la NC46:2017 para el cálculo de los pesos sísmicos.
2. Una evaluación de la influencia del cambio de norma sísmica en el diseño estructural de los muros de mampostería reforzada y vigas de acople de hormigón armado muestran al estado límite último de cortante como dominante con respecto a los estados de flexión revisados.
3. La aceptación de un factor de reducción por ductilidad de 2,5 redujo aproximadamente en un 36 % el cortante basal calculado para un comportamiento cuasi elástico.
4. Los resultados permiten llegar a conclusiones acerca de las variantes de edificios de mampostería reforzada para su construcción en la ciudad de Palma Soriano sobre bases de suelos rígidos:
 - a) No construir variantes de edificios de 5 niveles.
 - b) Construir variantes de edificios de 2 niveles, aceptando un comportamiento cuasi elástico ante las acciones sísmicas de diseño, lo cual garantizaría la ocurrencia de daños mínimos en los elementos estructurales.
 - c) Construir variantes de edificios de 3 niveles, aceptando un comportamiento cuasi elástico ante las acciones sísmicas de diseño solo si se reducen las cargas gravitatorias (cargas muertas) por innovaciones tecnológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cuba. Comité Estatal de Normalización (1999). *NC 46: 1999. Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y la construcción*. La Habana: autor.

Cuba. Comité Estatal de Normalización (2017). *NC 46: 2017. Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y la construcción*. La Habana: autor.

Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural ACI 318:2008. Farmington Hills, 2008.

Recibido: mayo de 2018

Aprobado: septiembre de 2018