



UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Licenciatura en Ingeniería Civil

Tesis de grado

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE
MAMPOSTERÍA DE CONCRETO DE DOS NIVELES BAJO LOS
NUEVOS LINEAMIENTOS DEL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA Y
SU VERSIÓN VIGENTE**

Sustentante:

Oriana M. Hernández Vázquez

Tutor:

Ing. Andrés Reyes Bonilla

Heredia, 07 de mayo 2021



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: “*Evaluación estructural de una vivienda de mampostería de concreto de dos niveles bajos los nuevos lineamientos del código sísmico de Costa Rica y su versión vigente.*”, presentado por la estudiante **Oriana Massiel Hernández Vázquez**, fue aprobado por el siguiente Tribunal Examinador de la carrera de **Ingeniería Civil** de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado académico de **Licenciatura en Ingeniería Civil**:

Andrés Reyes Bonilla

Tutor

Danilo Hernández Guerrero

Lector

Gerardo Chacón Rojas

Representante



COMITÉ ASESOR

Ing. Andrés Reyes Bonilla, Msc

Tutor

Ing. Danilo Hernández Guerrero, Msc

Lector

Ing. Gerardo Chacón Rojas

Representante

Heredia, 07 de mayo de 2021


Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
Universidad Latina de Costa Rica
S.D.

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación denominado: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO DE DOS NIVELES BAJO LOS NUEVOS LINEAMIENTOS DEL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA Y SU VERSIÓN VIGENTE**, elaborado por la estudiante **Oriana Massiel Hernández Vázquez**, como requisito para que la citada estudiante pueda optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, por tanto, lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

**ANDRES REYES
BONILLA
(FIRMA)**  Firmado digitalmente
por ANDRES REYES
BONILLA (FIRMA)
Fecha: 2021.05.24
10:56:47 -06'00'

Ing. Andrés Reyes Bonilla, Msc

Heredia, 07 de mayo de 2021

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
Universidad Latina de Costa Rica
S.D.

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación denominado: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO DE DOS NIVELES BAJO LOS NUEVOS LINEAMIENTOS DEL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA Y SU VERSIÓN VIGENTE**, elaborado por la estudiante **Oriana Massiel Hernández Vázquez**, como requisito para que la citada estudiante pueda optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, por tanto, lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

DANILO ALBERTO
HERNANDEZ
GUERRERO
(FIRMA)



Firmado digitalmente por
DANILO ALBERTO
HERNANDEZ GUERRERO
(FIRMA)
Fecha: 2021.05.25 02:40:26
-06'00'

Ing. Danilo Hernández Guerrero, Msc

San José, viernes 21 de mayo de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

Facultad de Ingenierías y Tecnologías de Información

Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores:

Yo, Edin Mauricio Buzano Barrantes, en mi condición de filólogo graduado en la Universidad de Costa Rica, certifico que leí y corregí el Proyecto de Graduación denominado: **“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO DE DOS NIVELES BAJO LOS NUEVOS LINEAMIENTOS DEL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA Y SU VERSIÓN VIGENTE”**, el cual fue elaborado por la estudiante **Oriana Hernández Vázquez**, como requisito para que la citada estudiante pueda optar por el grado académico de **Licenciatura en Ingeniería Civil**.

Se hizo la corrección del trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, concordancia, coherencia, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, por lo tanto, desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Proyecto de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Dado lo anterior, certifico que el documento contiene las observaciones y correcciones solicitadas, quedando de conformidad con lo pactado.

Suscribe de ustedes cordialmente,

EDIN MAURICIO
BUZANO
BARRANTES (FIRMA)

Firmado digitalmente por
EDIN MAURICIO BUZANO
BARRANTES (FIRMA)
Fecha: 2021.05.21
04:00:22 -06'00'

Lic. Edin Mauricio Buzano Barrantes

No. de adscripción a COLYPRO 0502760638

"Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación"

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Hernández Vazquez, Oriana Massiel

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Evaluación estructural de una vivienda de mampostería de concreto de dos niveles bajo los nuevos lineamientos del Código Sísmico de Costa Rica y su versión vigente.

Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **07** del mes **mayo** de año **2021** a las **6:00 pm**. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Jane Massiel Vázquez y a mi padre Franklin David Hernández, quienes han sido mi apoyo fundamental durante todos mis años de estudio.

A mi familia, por expresarme continuamente su apoyo y orgullo, así como también por la motivación que me han dado en el transcurso de todos estos años a pesar de la distancia.

A los ingenieros Andrés Reyes Bonilla, Danilo Hernández Guerrero y Minor Murillo Chacón, por todo el apoyo y conocimiento brindado para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Especialmente, al Ing. Reyes, por su disposición y todas las horas de asesoría brindadas a mi persona para conseguir desarrollar el presente trabajo investigativo.

A todos mis compañeros de carrera y amigos, porque han sido un gran apoyo y motivación para continuar hasta lograr esta meta.

A todos los educadores de la Universidad Latina de Costa Rica de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil, porque han sido mi fundamento para conseguir este grado académico.

A Costa Rica, por ser el país que me abrió las puertas de par en par, el país donde conseguí un hogar e incluso familia por mis últimos 6 años, así como por ser la casa de mi título profesional.
¡Gracias! ¡Pura vida!

DEDICATORIAS

A mi madre Jane Massiel Vázquez y a mi padre Franklin David Hernández, a quienes les debo la persona que soy en la actualidad y por su constante motivación y apoyo para continuar detrás de mis metas a pesar de todo.

A mi hermano Frank Hernández, quien es mi orgullo y motivación para seguir creciendo y convertirme siempre en mi mejor versión posible.

A mi amado tío Diego Hernández, quien a pesar de que ya no está entre nosotros, estoy segura de que estaría celebrando este logro como si se tratara del logro de uno de sus hijos.

RESUMEN: “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO DE DOS NIVELES BAJO LOS NUEVOS LINEAMIENTOS DEL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA Y SU VERSIÓN VIGENTE”

En el presente trabajo de investigación se identifican los cambios que se verán en el capítulo de mampostería estructural de la nueva versión del Código Sísmico de Costa Rica en comparación con su versión vigente para, posteriormente, mediante el modelado en ETABS de una vivienda de mampostería de concreto de dos niveles, realizar el análisis sísmico de la estructura y posterior diseño estructural de los elementos que se encuentran en condiciones críticas de forma que se pueda valorar en ellos el impacto que tienen los nuevos lineamientos para la mampostería estructural en materia de capacidad a cargas axial, flexión y cortante.

Se determinó que, en comparación con la versión vigente de la norma, los cambios implican la reducción de la contribución del acero de refuerzo y un aumento en la de la mampostería cuando se calcula la capacidad al cortante de los muros con cargas paralelas a su plano con la aplicación de los nuevos lineamientos. Adicionalmente, se determinó que, bajo los nuevos lineamientos de la norma, la capacidad a cargas axial y flexión aumenta con respecto a la calculada con los de la versión actual de ésta, aun con la aplicación de la varilla de menor calibre permitida cumpliendo cuantías mínimas y espaciamientos máximos permisibles.

Se identificó que los casos críticos corresponden a todos aquellos elementos que se consideran dominados por cortante y que, además, se encuentran cercanos a un buque de puerta o ventana, pues, con la aplicación de los lineamientos del Código Sísmico actual, estos elementos requieren más acero de refuerzo horizontal que la varilla de menor calibre permitida por norma distanciada del espaciamiento máximo permisible.

Finalmente, se consiguió demostrar que las ecuaciones de diseño traídas por la nueva versión de la norma son menos conservadoras que las de la versión actual y su aplicación podría beneficiar la economía del desarrollador cuando se diseñan estructuras de gran escala.

Palabras clave: mampostería, vivienda, cortante, muros, Código Sísmico

ABSTRACT: "STRUCTURAL EVALUATION OF A TWO-LEVEL CONCRETE MASONRY HOUSE UNDER THE NEW GUIDELINES OF THE COSTA RICA SEISMIC CODE AND ITS CURRENT VERSION"

In this research work, the changes that will be seen in the structural masonry chapter of the new version of the Costa Rican Seismic Code are identified in comparison with its current version for later by means of the ETABS modeling of a concrete masonry house of two levels carry out the seismic analysis of the structure and subsequent structural design of the elements that are in critical conditions so that the impact that the new guidelines for structural masonry have on them in terms of axial, bending and shear load capacity can be assessed.

It was determined that, compared to the current version of the code, the changes imply a reduction in the contribution of reinforcing steel and an increase on the contribution of masonry when calculating the shear capacity of the walls with loads parallel to their plane. Additionally, it was determined that, under the new guidelines of the code, the capacity for axial and bending loads increases compared to those calculated with the application of the current version of the code, even with the application of the smaller caliber allowed for the steel reinforcement.

It was identified that critical cases correspond to all those elements that are considered dominated by shear and that are also close to a door or window vessel, since with the application of the current seismic code guidelines, these elements require more horizontal steel reinforcement than the smallest caliber allowed by code spaced the maximum allowable.

Finally, it was possible to show that the design equations that the new version of the code brings are less conservative than those of the current version and that their application could benefit the developer's economy when designing large-scale structures.

Keywords: masonry, dwelling, shear, walls, Seismic Code

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Antecedentes	3
1.2.1. Nacionales.....	3
1.2.2. Internacionales	7
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4. Justificación.....	9
1.5. Delimitación del problema	11
1.5.1. Alcances.....	11
1.5.2. Limitaciones.....	12
1.6. Impacto.....	13
1.7. Hipótesis.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1. Mampostería.....	14
2.1.1. Clasificación por características estructurales	15
2.2. Mampostería en Costa Rica.....	16
2.2.1. Clasificación de los materiales.....	17
2.3. Muros de mampostería estructural	19
2.3.1. Muros de corte	19
2.3.2. Relación de aspecto.....	20
2.4. Métodos de análisis sísmico	21
2.4.1. Método estático.....	21
2.4.2. Método dinámico	22
2.5. Cambios detectados en los nuevos lineamientos de mampostería del nuevo Código Sísmico.....	23
2.5.1. Cambios de mayor impacto para el diseño estructural detectados en los lineamientos de mampostería del nuevo Código Sísmico	33
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. Metodología para la investigación	36

3.1.1.	Definición de la planta arquitectónica de la estructura.....	36
3.1.2.	Definición de los elementos estructurales.....	38
3.1.3.	Definición de las cargas de diseño.....	42
3.1.4.	Parámetros para el modelado y análisis sísmico.....	46
3.1.5.	Modelado de la estructura.....	47
3.1.6.	Análisis sísmico	48
3.1.7.	Revisión de desplazamientos y derivas.....	50
3.1.8.	Población y muestra, técnicas de muestreo.....	51
3.1.9.	Diseño estructural	59
3.2.	Categorías de análisis de la investigación.....	63
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		65
4.1.	Comparativa de análisis sísmico: estático vs. dinámico	65
4.2.	Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1	66
4.3.	Segmentos de muro con relación h/l menor a 1.	68
4.3.1.	Pier 14	68
4.3.2.	Pier 15	70
4.3.3.	Pier 16	71
4.4.	Muros de corte sin buques de puertas o ventanas	71
4.5.	Razón demanda/capacidad al cortante	72
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS		75
5.1.	Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1	76
5.2.	Segmentos de muro con relación h/l menor a 1	77
5.2.1.	Pier 14.....	78
5.2.2.	Pier 15.....	78
5.2.3.	Pier 16.....	79
5.3.	Muros sometidos a cargas paralelas a su plano sin presencia de buques.....	79
5.4.	Razón demanda/capacidad al cortante	80
CONCLUSIONES		82
RECOMENDACIONES.....		85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		86
ANEXOS		88

Anexo A: Factor espectral dinámico, FED, para sitios de cimentación tipo S3 en zona sísmica III del CSCR2010/14.....	88
Anexo B: Resultados del análisis modal ETABS (método dinámico).....	89
Anexo C: Muros de mampostería por eje.....	92
Anexo D: Memoria de cálculo muros	97
GLOSARIO	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cambios entre las versiones que han existido del CSCR en el factor de reducción y lineamientos para el diseño por cortante en mampostería	5
Tabla 2. Cambios en el capítulo de mampostería en ambas versiones de la norma	23
Tabla 3. Factores de reducción de resistencia nominal para mampostería del CSCR2010/14.....	33
Tabla 4. Factores de reducción de resistencia nominal para mampostería del nuevo CSCR	33
Tabla 5. Diferencias para el diseño a cortante de muros con cargas paralelas a su plano entre ambas versiones de la norma.....	34
Tabla 6. Cargas temporales de servicio	42
Tabla 7. Carga permanente de vigas	43
Tabla 8. Peso propio muros de mampostería	43
Tabla 9. Cargas permanentes adicionales	43
Tabla 10. Cargas permanentes distribuidas por área en cada nivel	45
Tabla 11. Cargas permanentes totales por nivel	45
Tabla 12. Combinación de carga sísmica por nivel	45
Tabla 13. Revisión derivas inelásticas	51
Tabla 14. Diferencias entre códigos para el diseño a flexión y carga axial.....	61
Tabla 15. Categorías de análisis de la investigación.....	63
Tabla 16. Análisis estático vs. dinámico.....	65
Tabla 17. Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1	66
Tabla 18. Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1.....	68
Tabla 19. Diseño estructural a cortante Pier 14 con refuerzo horizontal #3@40cm con ambas versiones de la norma.....	69
Tabla 20. Diseño estructural a cortante Pier 14 con refuerzo horizontal #3@20cm con ambas versiones de la norma.....	69
Tabla 21. Diseño estructural a cortante Pier 15 con refuerzo horizontal 1#3@20cm con ambas versiones de la norma.....	70
Tabla 22. Muros de corte sin buques de puertas o ventanas	71
Tabla 23. Demanda y capacidad nominal al cortante con la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 y las del nuevo CSCR.....	72

Tabla 24. Razón demanda/capacidad al cortante con la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 y las del nuevo CSCR.....	74
Tabla 25. Variación porcentual en la capacidad de los segmentos de muro con relación h/l mayor a 1 con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14	76
Tabla 26. Variación porcentual en la capacidad de los segmentos de muro con relación h/l menor a 1 con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14	77
Tabla 27. Variación de la propuesta de acero de refuerzo para el pier 14 con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14.....	78
Tabla 28. Variación porcentual en la capacidad de los muros sin buques de puertas o ventanas con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14.....	79
Tabla 29. Variación porcentual de la razón demanda/capacidad al cortante con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zigurat de la antigua Mesopotamia	14
Figura 2. Elevación de una pared de mampostería confinada	15
Figura 3. Elevación de una pared de mampostería con refuerzo integral	16
Figura 4. Vivienda construida con sistema de mampostería reforzada mixta	17
Figura 5. Relación de aspecto h/l para muros	20
Figura 7. Planta arquitectónica nivel 0+2.80	37
Figura 8. Planta de entrepiso.....	39
Figura 9. Geometría de los bloques de concreto.....	40
Figura 10. Diseño de planta nivel 0+0.00	41
Figura 11. Diseño de planta nivel 0+2.80.....	41
Figura 12. Sistemas de entrepiso pretensados.....	44
Figura 13. Modelo ETABS vivienda de mampostería de concreto de dos niveles modelada en solo una planta	48
Figura 14. Muro A, Pier 1	52
Figura 15. Muro A, Pier 2.....	52
Figura 16. Muro B, Pier 5	53
Figura 17. Muro B, Pier 6	53
Figura 18. Muro C, Pier 8	54
Figura 19. Muro C, Pier 9	54
Figura 20. Muro C, Pier 11	55
Figura 21. Muro E, Pier 13	55
Figura 22. Muro E, Pier 14	56
Figura 23. Muro 15, Pier 15.....	56
Figura 24. Muro E, Pier 16	57
Figura 25. Muro 2, Pier 22.....	57
Figura 26. Muro 3	57
Figura 27. Muro 5, Pier 27.....	58
Figura 28. Muro 6	58
Figura 29. Muro 7	58

Figura 30. Demanda vs. capacidad nominal al cortante con la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 y las del nuevo CSCR.....	73
--	----

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del problema

No es necesario ser profesional del sector de la construcción o relacionarse en el gremio para saber que este sector de la industria mueve parte importante de la economía mundial. Esto lo convierte en objeto de constante estudio y, como consecuencia de ello, se mantiene una constante evolución y avances con el principal objetivo de garantizar siempre altos estándares de calidad de las obras, sin dejar a un lado la seguridad y el bienestar de la sociedad o la economía del desarrollador.

Basado en lo anterior, no es de extrañarse que, siendo Costa Rica un país de alta amenaza sísmica por su ubicación geográfica, se procure mantener un Código Sísmico que valore los avances y estudios del área de la construcción para garantizar lo mismo. Lamentablemente, a nivel nacional, no se cuenta con los recursos para desarrollar estudios a gran escala para la regulación de los procedimientos y métodos para el diseño de estructuras sismorresistentes. Por esto, la normativa nacional siempre se ha visto inmensamente influenciada y apoyada, de manera primordial, en normativas estadounidenses a razón del gran potencial que tiene el país norteamericano en material profesional e investigativo. Para efectos del presente trabajo de investigación, enfocaremos los esfuerzos en la normativa y en los lineamientos concernientes al capítulo de mampostería que encontramos en la normativa nacional.

Un claro ejemplo de estos avances se puede detectar al comparar el Código Sísmico de Costa Rica 2002 (CSCR2002) y el Código Sísmico de Costa Rica 2010, Revisión 2014 (CSCR2010/14), donde este último presenta cambios en los incisos donde plasman los lineamientos con respecto a la zonificación sísmica, las consideraciones para determinar el coeficiente sísmico y las condiciones requeridas para el diseño simplificado para estructuras de viviendas de mampostería, entre otros. Tal como sucedió en el lanzamiento del CSCR2010/14, la próxima versión trae consigo cambios importantes en algunos de sus capítulos. En el pasado mes de agosto del 2019, en el Congreso de Ingeniería Estructural y Sísmica llevado a cabo por la Asociación Costarricense de Ingeniería Estructural y Sísmica (ACIES por sus siglas) en el hotel Barceló San José, La Uruca, se expusieron algunos de los cambios que podremos ver en esta nueva versión, entre ellos, el Ing. Álvaro E. Poveda expuso detalladamente todo lo relacionado con la actualización al capítulo de mampostería estructural.

El manual que, en la actualidad, es ampliamente consultado por la Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico (CPCSCR) en relación con la mampostería, y que es tomado como base fundamental para el desarrollo de la normativa nacional es el manual elaborado por “*The Masonry Society*” (La Sociedad de Mampostería en español, TMS por sus siglas en inglés), siendo la última versión de éste el TMS 402/602-16, la cual trae consigo con respecto a su última versión, cambios en:

Los factores de reducción de resistencia nominal (ϕ); el cálculo del ancho efectivo que se puede tomar en cuenta en la intersección de muros de corte; la forma como se calcula la resistencia a cortante de la mampostería; la revisión del límite superior de la resistencia nominal a cortante; la revisión de cortante por fricción, y los criterios para revisar el requisito de elementos de borde (Carballo, 2019).

Estos cambios han sido material de estudio de la CPCSCR y adaptados para las condiciones sísmicas y tectónicas nacionales para el lanzamiento de una nueva versión del capítulo de mampostería en el próximo Código Sísmico.

Al día de hoy, la mayoría de los profesionales de la construcción aún ignora los cambios que se podrán apreciar en la nueva versión del Código Sísmico, lo cual es lo natural en vistas de que aún no ha sido presentado al público en general. Sin embargo, basándonos en estos cambios expuestos acerca del capítulo de mampostería por el Ing. Poveda, sabiendo que, entre ellos, los cambios se basan en gran medida en lineamientos acerca de los siguientes aspectos: los factores de reducción, las ecuaciones de diseño de capacidad de cortante de la mampostería, acero y la capacidad a cortante de muros, el presente trabajo de investigación pretende incursionar en el estudio de estos nuevos lineamientos de forma que se llegue a conocer el impacto de los cambios presentados.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Nacionales

Una breve reseña histórica de la mampostería en el país nos remonta al terremoto de Cartago del 04 de mayo de 1910 en el que se estima una cifra de aproximadamente 700 muertos y una destrucción total de la ciudad de Cartago. Por ser esta la segunda vez que la ciudad de Cartago era destruida y por la gran cantidad de daños estructurales que ocurrieron, el gobierno a cargo del presidente Cleto González Víquez propone la implementación de un código sísmico de construcción para así evitar situaciones como éstas en el futuro. Algunas de las medidas tomadas por el presidente de ese entonces, presidente, se tiene la prohibición del uso del adobe y bareque como materiales para la construcción de casas y edificios, y se inicia un nuevo periodo de técnicas de construcción en Costa Rica (Red Sismológica Nacional de la Universidad de Costa Rica, 2019).

A pesar de lo anterior, no fue sino hasta el año 1974 con el lanzamiento del primer Código Sísmico en el país cuando se establecieron los lineamientos que regulaban la utilización de la mampostería para la construcción, y así seguiría siendo hasta la actualidad.

La mayoría de los países desarrollados o en proceso de desarrollo cuenta con una institución o ente asignado para regular y establecer normas de orientación o de cumplimiento obligatorio al referirse a la construcción de todo tipo de obras de ingeniería civil a cualquier escala. En Costa Rica, el ente encargado de esto es el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA, por sus siglas), el cual delega una importante parte de su labor en materia de normativa para el diseño estructural sismorresistente y la construcción de edificaciones en la CPCSCR. Esta última, fundada en 1973, es la encargada de revisar y actualizar constantemente cada uno de los capítulos y lineamientos del Código Sísmico. Desde su fundación, se han publicado cinco versiones de la normativa, cada una con significativos cambios con respecto a la anterior, primordialmente basados en normativas, manuales y/o investigaciones estadounidenses, tal como antes se menciona, que han ido mejorando la forma de regulación de las construcciones con el paso del tiempo. En todas las versiones de la normativa, ha existido un apartado o capítulo que describe los lineamientos regulatorios de la construcción con elementos de mampostería, y por supuesto, este apartado casi en ninguna oportunidad ha estado exento de sufrir modificaciones.

La norma publicada en 1974, que sería la primera versión del Código Sísmico, plasma entre sus líneas un breve apartado para el diseño estructural en mampostería que se encuentra

referenciado en las regulaciones de la normativa estadounidense “*Uniform Building Code*” (Código de Construcción Uniforme en español, UBC por sus siglas en inglés).

Para la segunda versión de la norma, es decir, el Código Sísmico de Costa Rica 1986 (CSCR1986), se toma en cuenta el primer estudio de riesgo sísmico del país que fue elaborado por la Universidad de Stanford, además, de información acerca de eventos sísmicos importantes, tales como los terremotos de Golfito y de San Isidro ocurridos en el año 1983, acontecimientos que permitieron conocer mejor la realidad sísmica del país (CPCSCR,2018). En esta versión, se extienden por primera vez especificaciones de diseño para diferentes materiales estructurales entre los que se tiene la mampostería, siendo los primeros lineamientos que fundamentan la base de los diseños existentes en la actualidad a nivel nacional.

La siguiente versión de la norma, por ende, el Código Sísmico de Costa Rica 2002 (CSCR2002), incluye, por primera vez, modificaciones a las ecuaciones de diseño para la mampostería, los factores de reducción por implementar, entre otros pequeños cambios, los cuales se basaron en eventos sísmicos ocurridos en el periodo de tiempo entre el lanzamiento del CSCR1986 y el CSCR2002, así como en estudios de amenaza sísmica realizados tanto nacional como internacionalmente.

La cuarta versión de la norma, es decir, el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CSCR2010), nuevamente incluye entre algunos de los cambios, modificaciones en las ecuaciones de diseño para la mampostería y la clasificación de los elementos de mampostería permitidos a utilizar como parte de la estructura sismorresistente.

El capítulo de mampostería de la versión vigente de esta normativa, el CSCR2010/14, al igual que la versión anterior se encuentra extensamente apoyado en la normativa estadounidense “*Building Code Requirements for Masonry Structures*”, TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5-08 (Código de Requisitos de Construcción para Estructuras de Mampostería en español), el cual fue desarrollado en colaboración entre TMS, “*American Concrete Institute*” (Instituto Americano de Concreto en español, ACI por sus siglas en inglés), y “*Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers*” (Instituto de Ingeniería Estructural de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles en español, SEI/ASCE por sus siglas en inglés).

El cambio con el paso del tiempo en las ecuaciones de diseño consideradas relevantes para la presente investigación entre cada versión que ha sido publicada de esta normativa se puede detallar en la tabla 1.

Tabla 1. *Cambios entre las versiones que han existido del CSCR en el factor de reducción y lineamientos para el diseño por cortante en mampostería*

Norma	Factores de reducción	Capacidad cortante de la mampostería	Capacidad cortante del acero
CSCR1974	No indica	No indica	No indica
CSCR1986	Flexión: $\phi=0,75$ Cortante: $\phi=0,85$ Adherencia dentro de las celdas del bloque: $\phi=0,50$	$V_m = 0,05\sqrt{f'_c}tl + A_v f_y l / S_v$	No indica
CSCR2002	Flexión y axial: Clase A: $0,60 \leq \phi \leq 0,80$ $\phi = 0,80 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$ Clase B: $0,55 \leq \phi \leq 0,75$ $\phi = 0,75 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$ Clase C: $0,40 \leq \phi \leq 0,60$ $\phi = 0,60 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$ Cortante y torsión: Clase A: $\phi=0,60$ Clase B: $\phi=0,55$ Clase C: $\phi=0,40$	En regiones de posible formación de rótulas plásticas: $V_m = \left[0,15\sqrt{f'_m} + 0,20(P_u / A_g) \right] db_w$ En otras regiones: $V_m = \left[0,50\sqrt{f'_m} + 0,30(P_u / A_g) \right] db_w$	$V_s = \frac{A_{sh} f_y d}{S_h}$

Norma	Factores de reducción	Capacidad cortante de la mampostería	Capacidad cortante del acero
CSCR2002	Long. desarrollo y traslape:		
	Clase A: $\phi=0,80$		
	Clase B: $\phi=0,75$		
	Clase C: $\phi=0,70$		
	Aplastamiento:		
	Clase A: $\phi=0,60$		
	Clase B: $\phi=0,50$		
	Clase C: $\phi=0,40$		
	Flexión y axial:		
	Clase A: $0,60 \leq \phi \leq 0,80$		
CSCR2010	$\phi = 0,80 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$		
	Clase B: $0,55 \leq \phi \leq 0,75$		
	$\phi = 0,75 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$		
	Cortante y Torsión:	V_m	Refuerzo horizontal embebido en toda su longitud:
	Clase A: $\phi=0,60$	$= \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ - 0,44 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \sqrt{f'_m} \end{array} \right.$	$V_s = \frac{0,5A_{sh}f_y d}{S_h}$
	Clase B: $\phi=0,55$		
	Long. desarrollo y traslape:	$+ 0,25 \left(\frac{P_u}{A_g} \right) \left. \right\} db_w$	En caso contrario:
	Clase A: $\phi=0,80$		$V_s = \frac{0,25A_{sh}f_y d}{S_h}$
	Clase B: $\phi=0,75$		
	Aplastamiento:		
Clase A: $\phi=0,60$			
Clase B: $\phi=0,50$			
CSCR2010/14	Igual CSCR2010	Igual CSCR2010	Igual CSCR2010

Fuente: CFIA 2021

También, a nivel nacional, se han elaborado varios trabajos investigativos en relación con la construcción de obras o elementos de mampostería. Es el caso de los referenciados en el presente trabajo de investigación, tales como los trabajos de graduación para obtener el título de Licenciatura en Ingeniería Civil de Carballo (2019), Villegas (2018) y Bolaños (2012), quienes desarrollaron las investigaciones: “Evaluación comparativa del CSCR 2010/14 con la adaptación de la normativa estadounidense TMS 402/602-16 en el diseño de muros de corte de mampostería reforzada”, “Comparación CSCR 10-14 y el TMS 402/602-16 en el diseño de un edificio de cinco pisos de mampostería integral (tipo muro)” y “Evaluación comparativa de las versiones 2002 y 2010 del Código Sísmico de Costa Rica para diseño de muros de corte de mampostería”, respectivamente.

1.2.2. Internacionales

Los principales manuales tomados como guía de consulta para muchos profesionales de la construcción en la actualidad en relación con la mampostería estructural son los que se han publicado con el paso del tiempo por instituciones como TMS, la cual ha publicado manuales que unen los esfuerzos e investigaciones de institutos como el ACI y el SEI/ASCE. Tal es el caso de la última versión publicada, el manual TMS 402/602-16.

A nivel de Centroamérica, en países como Nicaragua y República Dominicana, se tienen el “Reglamento Nacional de Construcción” elaborado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura y el “Reglamento para el análisis y diseño sísmico de estructuras”, el cual fue elaborado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, respectivamente. Dichos reglamentos, a pesar de diferir en algunos de sus lineamientos y metodologías para el diseño estructural sismorresistente, siguen una misma línea y objetivos con respecto al Código Sísmico de Costa Rica. Cada una de las normativas mencionadas cuenta con un capítulo o apartado que se refiere y establece lineamientos respecto de la utilización de mampostería estructural.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto a nivel de diseño estructural que tienen los nuevos parámetros del capítulo de mampostería del nuevo Código Sísmico de Costa Rica frente a su versión vigente (2010).

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis sísmico de una vivienda de mampostería de dos niveles utilizando el método estático y dinámico.
- Diseñar los distintos elementos de mampostería sometidos a las cargas de diseño aplicando los lineamientos del CSCR2010/14 y la próxima versión por entrar en vigor.
- Identificar los elementos críticos en una vivienda de mampostería de dos niveles.
- Comparar cuantitativamente los parámetros de diseño entre los lineamientos actuales y los futuros del CSCR para identificar la magnitud del impacto de la próxima versión.

1.4. Justificación

Utilizada en todos los continentes desde el siglo XIX, la mampostería, aun cuando es un sistema tradicional, sigue siendo uno de los sistemas dominantes en la industria de la construcción actualmente, lo cual supone una fuente indeterminada para constante evolución, estudios y optimizaciones. La mampostería es uno de los sistemas de construcción conocidos más antiguos que han sido y siguen siendo empleados en la actualidad en algunos tipos de obras de ingeniería civil en todo el mundo por su simplicidad y eficacia. Su versatilidad, alto rendimiento estructural y bajo costo son algunos de los factores que representan gran parte de la preferencia de muchas personas por encima de los sistemas de concreto estructural, acero, prefabricados u otros. Incluso antes de que existieran normativas nacionales que regularan su uso en las construcciones del país, en Costa Rica, siempre ha sido empleado este sistema constructivo. No fue sino hasta la publicación del primer Código Sísmico en el año 1974, cuando se empezó a regular la metodología de diseño para cualquier tipo de edificación, siendo la mampostería parte de éste.

El próximo Código Sísmico de Costa Rica trae consigo modificaciones en varios de sus capítulos, lo cual supone que todos los profesionales del oficio deben familiarizarse con los nuevos lineamientos que esta nueva versión presente. Lo anterior con el principal objeto de “proteger la vida humana y la integridad física de las personas, reducir los daños materiales y las pérdidas económicas ocasionadas por los sismos, y minimizar el impacto social y económico de los terremotos” (Acuña, et al., 2016).

Con base en la información mencionada inicialmente en el planteamiento del problema, los cambios presentados en esta nueva versión de la normativa nacional implicarán que cada profesional cambie sus métodos para el diseño de mampostería estructural no solo para garantizar lo mencionado por Acuña, et al. (2016), sino por obligación para ejercer como profesional de la construcción. Además, es sabio reconocer que, aunque pueda impactar inicialmente a los profesionales por cambiar los métodos que se conocen y vienen aplicando desde hace aproximadamente diez años, estos cambios suponen un aumento en la confiabilidad que tiene el profesional en los diseños desarrollados en adelante, pues los cambios se respaldan en investigaciones y estudios de los materiales que proporcionan la integridad estructural, como son el acero y la mampostería.

Por todo lo mencionado con anterioridad, el presente trabajo de investigación busca identificar e incursionar en forma más amplia en todos aquellos cambios que podremos detectar

entre los nuevos lineamientos de la próxima versión de la normativa en su capítulo para la mampostería estructural. A partir del desarrollo de esta investigación, se creará un antecedente que podrá servir de guía para el diseño estructural de casas de habitación en mampostería de dos niveles donde se puedan orientar profesionales en ejercicio al diseñar, y que, además deseen identificar los cambios presentados en los métodos y en las ecuaciones de diseño del capítulo de mampostería en los escenarios de carga o elementos críticos que se logren identificar como situaciones de atención o cuidado para el profesional diseñador bajo estos nuevos lineamientos y los practicados hasta el día de hoy según lo estipula el actual código, ya sea por interés profesional o por el deseo de comprender y justificar los cambios a las prácticas actuales.

1.5. Delimitación del problema

1.5.1. Alcances

- El presente trabajo de investigación es de carácter analítico, es decir, no se realizarán pruebas en laboratorio a escala real que certifiquen los resultados obtenidos teóricamente durante el desarrollo.
- La estructura en estudio es una casa de habitación de mampostería de dos niveles. La planta arquitectónica corresponde a la detallada en las figuras 5 y 6.
- La estructura se diseña con el sistema de mampostería integral con el fin de conseguir que los muros de mampostería sean los elementos que reciban las cargas más críticas y enfocar la investigación en éstos y no en los elementos de borde.
- Los elementos en estudio comprenden muros de mampostería integral de diferentes geometrías con cargas paralelas a su plano ubicados en el primer nivel de la estructura en estudio, los cuales se identifican y se detallan en el inciso 3.1.2.2.
- No se realizará el diseño de sistema de entrepiso, estructura de techo, fundaciones, vigas, elementos no estructurales ni obras complementarias a razón de que no son relevantes para el objetivo de esta investigación.
- Se asumirán los siguientes parámetros para el prototipo seleccionado: la construcción de una vivienda de mampostería será de dos niveles, se encuentra ubicada en una zona sísmica III y en un sitio de cimentación S3 (esto responde a la clasificación más típica en el territorio general, de aproximadamente el 60% del territorio nacional según se establece en la tabla 2.1. y la figura 2.1 del CSCR2010/14), la aceleración pico efectiva, A_{ef} , es de 0,36, la ductilidad asignada es de 1 y la sobrerresistencia, SR, es de 2.
- Se usará el gráfico de la figura 5.7 del CSCR2010/14 correspondiente al Factor Espectral Dinámico (FED) para sitios de cimentación S3 en zona sísmica III y ductilidad global asignada de 1, con el fin de realizar el análisis sísmico de la estructura con ambas versiones de la norma. Éste se presenta en el anexo A.
- El sistema de mampostería seleccionado para el diseño valora la aplicación de bloques de concreto clase A de 12 cm de espesor con mortero clase A, concreto de relleno clase A y acero de refuerzo grado 60 elaborados con la norma ASTM A706 donde corresponda.

- No se realizan planos constructivos de la estructura. Únicamente, se elaboran dibujos con detalles de los muros escogidos para el desarrollo de la investigación para un mejor entendimiento visual.

1.5.2. Limitaciones

- Al ser un trabajo analítico, no se realizarán pruebas experimentales a escala real de elementos estructurales que hayan sido diseñados durante el desarrollo de la investigación que confirmen el resultado estructural calculado en el presente documento.
- No se considera el uso de viga bloque en la estructura, por lo tanto, el acero de refuerzo horizontal no puede ser mayor que varilla #3.
- El presente trabajo de investigación está completamente apoyado en lo expuesto por el Ing. Poveda en el Congreso de Ingeniería Estructural y Sísmica 2019, llevado a cabo por ACIES y un borrador de los lineamientos para la mampostería del nuevo código sísmico. Sin embargo, hasta la fecha de su publicación, los lineamientos usados de la nueva versión del capítulo de mampostería no tendrán validez para su aplicación.
- Solo se valoran, para el presente trabajo de investigación, los cambios en la nueva norma presentados en el capítulo de mampostería estructural.

1.6.Impacto

Toda persona que se encuentre activa en ejercicio de su profesión de cualquiera sea el campo de labor desarrollado debe mantener un nivel de conocimiento total y actualizado de todo lo relacionado con sus actividades laborales no solo para mantener un nivel de competencia alto con respecto a lo que ofrece y demanda el mercado profesional, sino también para cumplir a cabalidad lo que sea de cumplimiento obligatorio por legislación del país en el que se ejerce.

Puntualmente, un ingeniero civil en ejercicio debe tener un completo dominio de los códigos, normas y/o manuales de construcción que regulen el ejercicio en el país donde se está ejerciendo, debido a la importancia e impacto que deriva de su labor.

Por ello, el presente trabajo de investigación pretende servir de guía de consulta para todo profesional de la construcción que desee conocer y comparar todo lo que implica y es de obligatorio cumplimiento entre el actual capítulo 9 del CSCR2010/14 “Requisitos para mampostería estructural” y los nuevos lineamientos de la próxima versión con respecto al diseño estructural de una vivienda en mampostería de dos niveles, valorando las condiciones y características establecidas para los materiales y la ubicación geográfica de la obra.

1.7.Hipótesis

Cuando se presentan cambios a los códigos de construcción de un país, normalmente, éstos se encuentran basados y/o justificados por eventos o situaciones que demuestren una deficiencia particular, estudios e investigaciones que aseveren métodos más efectivos de diseño u optimización de procesos, descubrimiento de nuevos materiales, entre varias razones más. Por lo anterior, es de esperarse que se pueda demostrar en forma analítica que los cambios que se presentarán en el capítulo de mampostería de la nueva versión del Código Sísmico representen una optimización en el método de diseño estructural para edificaciones, principalmente, en el cálculo de capacidad por cortante de los elementos tipo muro, reduciendo el aporte del acero y aumentando el aporte de la mampostería.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.Mampostería

La mampostería por definición es el sistema de construcción consistente en el levantamiento de una estructura por la colocación manual de mampuestos fijados entre ellos con algún tipo de mortero de pega. Este sistema de construcción es uno de los más antiguos conocidos de los que se tiene registro. Su uso se remonta a la antigua Mesopotamia en la construcción de zigurats hace aproximadamente 10.000 años. En la actualidad, sigue siendo uno de los sistemas de construcción más utilizados, ya que “éste permite una reducción en los desperdicios de los materiales empleados y genera fachadas portantes; es apta para construcciones en alturas grandes. La mayor parte de la construcción es estructural” (Cementos Cibao, 2018).

Figura 1. *Zigurat de la antigua Mesopotamia*



Fuente: Ruiz (2019). LOS ZIGURAT: BASTIONES DE LA MESOPOTAMIA. España.

Los mampuestos, por otro lado, tal como su nombre lo sugiere, son elementos u objetos que deben ser colocados en forma manual. Comúnmente, se les conoce como “bloques” y estos pueden estar elaborados con una variedad de materiales. Los más utilizados en la actualidad son los bloques de concreto o de arcilla.

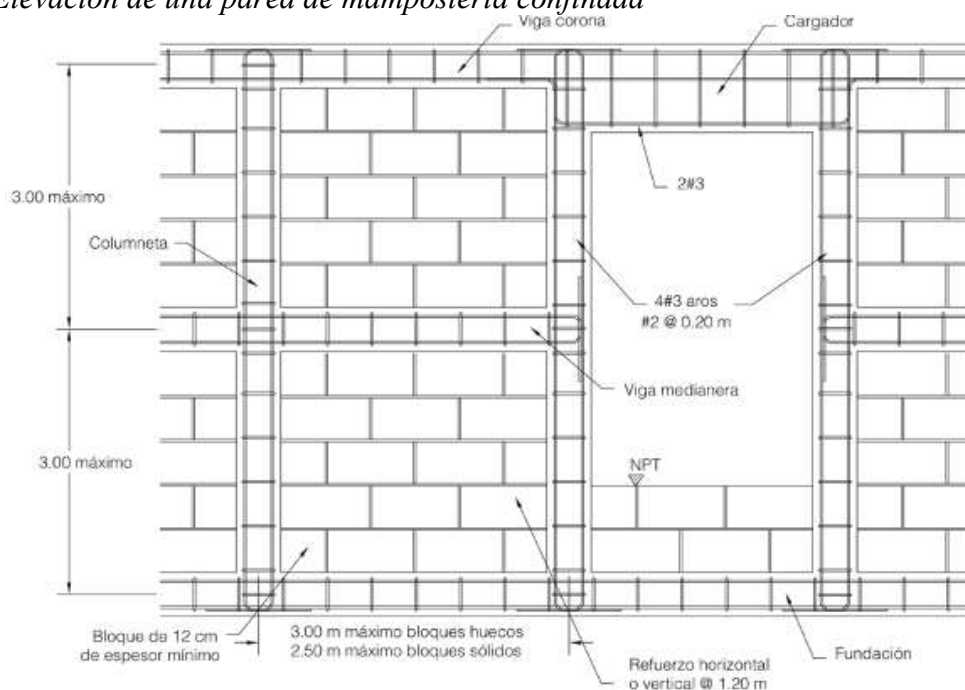
2.1.1. Clasificación por características estructurales

2.1.1.1. Mampostería común o no reforzada: sistema de construcción con bloques pegados con algún tipo de mortero que son colocados con una cierta configuración, tal que el conjunto resista cargas en compresión. Este sistema no posee resistencia a la tensión.

2.1.1.2. Mampostería reforzada: sistema de construcción con bloques pegados con algún tipo de mortero que son colocados con una cierta configuración y que, interiormente, son reforzados con barras de acero embebidas en el mortero de pega para garantizar mayor resistencia y que la estructura sea capaz de soportar cargas de tensión. En la actualidad, se conocen diferentes métodos de construcción usando mampostería estructural reforzada:

- **Mampostería reforzada confinada:** se trata del sistema de construcción de mampostería descrito en el inciso 2.1.1.2. con la característica particular de que la estructura es construida con muros reforzados que se encuentran confinados por elementos estructurales de concreto reforzado, tales como vigas o columnas.

Figura 2. Elevación de una pared de mampostería confinada

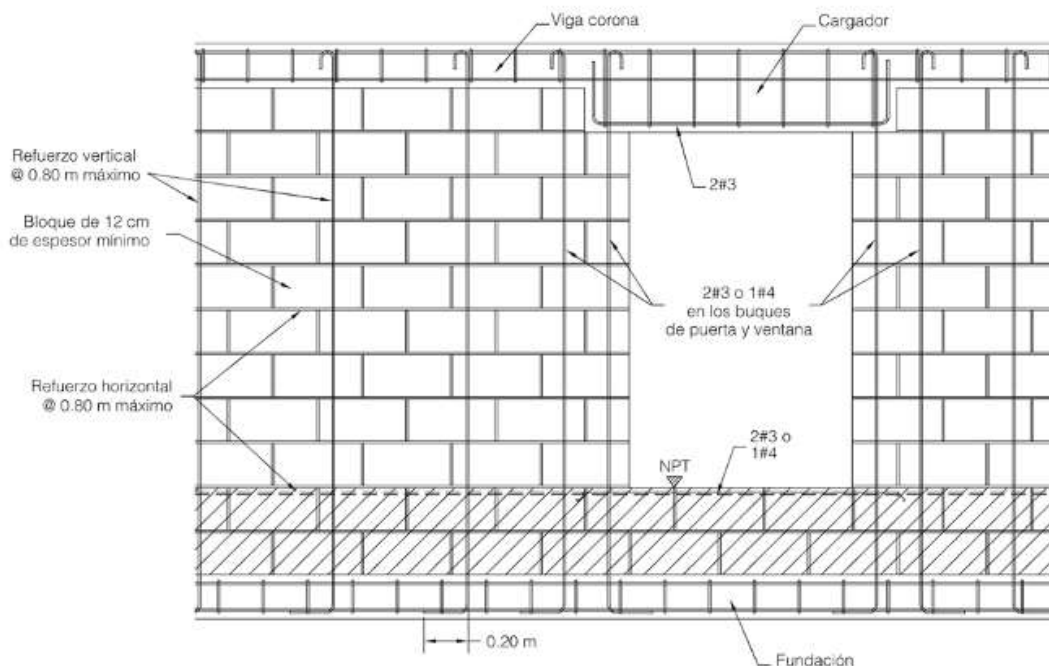


Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2016, pág. 17/14)

- **Mampostería reforzada integral:** también se trata del sistema de construcción de mampostería descrito en el inciso 2.1.1.2. pero esta vez con la característica particular de que los elementos estructurales están contruidos con los mismos

bloques con los que se levantan los muros de la estructura, teniendo el refuerzo de acero tanto vertical como horizontal dentro de los huecos de los bloques y que son fijados con concreto de relleno.

Figura 3. *Elevación de una pared de mampostería con refuerzo integral*



Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2016, pág. 17/12)

- **Mampostería reforzada mixta:** en Costa Rica, se usa una combinación de los dos tipos descritos anteriormente. Los muros con los que se construye la estructura están reforzados internamente, tanto vertical, como horizontalmente. A su vez, también se encuentran confinados por elementos de concreto reforzado en los perímetros de esta.

2.2.Mampostería en Costa Rica

Entre los primeros sistemas constructivos usados en Costa Rica, se tiene la construcción con mampostería, siendo el adobe el principal protagonista. Este hecho se puede apreciar con las muchas estructuras que han existido y que inclusive aún existen en el país. Aun en la actualidad, la mampostería es el sistema constructivo de preferencia de muchos costarricenses. El paso del tiempo y los eventos sísmicos ocurridos en el país han generado una serie de regulaciones sobre este sistema, y por consecuencia, cambios en cómo se implementa el mismo, así como los materiales por utilizar.

Como antes se mencionó, en Costa Rica, el sistema de mampostería que, comúnmente, es usado es el de mampostería confinada mixta, el cual resulta muy conveniente para conseguir dimensiones de los paños que corresponda a cada espacio sin tener mayores problemas modulando los mismos.

Figura 4. *Vivienda construida con sistema de mampostería reforzada mixta*



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2020). Conjunto Residencial Higuerones, Higuerones de Alajuela

2.2.1. Clasificación de los materiales

2.2.1.1. Mampostería

En el anexo A del CSCR2010/14, se definen los tres tipos de mampostería permitidas para su uso en construcción, los cuales se clasifican por la capacidad de ésta para resistir fuerzas de compresión:

- Mampostería **Clase A**: bloques de concreto con resistencia promedio a la compresión, medida sobre el área neta a los 28 días de edad, no menor que 133 kg/cm^2 y con un mínimo para cada muestra individual de 120 kg/cm^2 . La mampostería clase A es obligatoria para todas las construcciones con área mayor que 1000 m^2 y de tres pisos de altura.

- Mampostería **Clase B**: bloques de concreto con resistencia promedio a la compresión, medida sobre el área neta a los 28 días de edad, no menor que 90 kg/cm² y con un mínimo para cada muestra individual de 80 kg/cm².
- Mampostería **Clase C**: bloques de concreto con resistencia promedio a la compresión, medida sobre el área neta a los 28 días de edad, no menor que 75 kg/cm² y con un mínimo para cada muestra individual de 70 kg/cm².

La mampostería clase C solo puede emplearse en elementos que no forman parte del sistema sismorresistente, por lo tanto, no debe emplearse para la construcción de muros estructurales.

2.2.1.2.Mortero

Al igual que los bloques de mampostería, el mortero de pega permitido por el CSCR2010/14 responde a la clasificación por su capacidad a la compresión. Se clasifica en tres tipos: A, B y C.

Esta normativa establece que, para la mampostería clase A, debe utilizarse mortero tipo A. La mampostería clase B debe usar mortero tipo A o B y la mampostería clase C debe usar morteros tipo A, B o C. La resistencia a la compresión medida en cubos y a los 28 días de edad debe ser como mínimo 175 kg/cm², 126 kg/cm² y 53 kg/cm² para los morteros tipo A, B y C respectivamente.

2.2.1.3.Concreto de relleno de celdas de mampostería

En el caso del concreto de relleno para las celdas de mampostería, el CSCR2010/14 clasifica en tres tipos el concreto permitido de acuerdo con la resistencia de éste, concretos tipo A, B, y C.

La norma establece que la mampostería clase A debe utilizar concreto de relleno clase A, la mampostería clase B debe usar concreto de relleno clases A o B y la mampostería clase C debe usar concreto de relleno clases A, B o C. El concreto de relleno tipo A debe tener una resistencia de 175 kg/cm², el tipo B de 140 kg/cm² y el tipo C de 120 kg/cm².

2.2.1.4. Acero de refuerzo

El CSCR2010/14 establece que el acero por utilizar como refuerzo para la construcción con mampostería debe cumplir la norma ASTM A706. También permite acero que cumpla la norma ASTM A615 bajo las siguientes condiciones:

- El esfuerzo real de cedencia no sobrepasa el esfuerzo especificado en más de 1.250 kg/cm^2 .
- La relación de la resistencia última en tracción y el esfuerzo de cedencia real no es inferior a 1,25.

2.3. Muros de mampostería estructural

Los muros de mampostería son el principal elemento estructural portante que encontramos en casi cualquier estructura en la que se ha usado este sistema. Éstos son capaces de recibir grandes cargas y transmitir las al suelo sobre el que se cimenta la estructura. La clasificación estructural de un muro depende del tipo de carga al que esté sometido.

Los muros que se encuentran sometidos a cargas perpendiculares a su plano son llamados muros de retención o de contención, ya que las cargas a las que se somete usualmente son cargas permanentes, como es el peso propio de una porción de suelo, bulbos de presión de construcciones vecinas, la carga ejercida por el nivel freático presente en un suelo, entre otros. Como su nombre lo sugiere, su principal función es retener cualquier carga que se encuentre perpendicular al plano del muro por la resistencia con la que es diseñada. Algunos ejemplos de aplicación de este tipo son los muros perimetrales, paredes de un sótano, entre otros similares.

Los muros sometidos a cargas paralelas son llamados muros de corte. Estos elementos tienen una alta resistencia a las fuerzas paralelas a las que se somete y aportan gran rigidez a la estructura. Todas las estructuras de muros que se encuentren por encima del nivel del suelo, y que, no estén sometidos a cargas perpendiculares a su plano, serán muros de corte siempre que formen parte del sistema estructural. Es el caso de los muros que se encuentren en las viviendas y en los edificios bajo este escenario.

2.3.1. Muros de corte

El principal objetivo de los muros de corte es el de recibir y soportar la fuerza que se transmite a la estructura ante un evento sísmico por la carga del cortante resultante por el movimiento repentino del suelo en la base de la estructura, el cortante basal, así como también

soportar otros elementos estructurales que formen parte del sistema y las cargas gravitacionales tanto permanentes como temporales que son transmitidos a éstos.

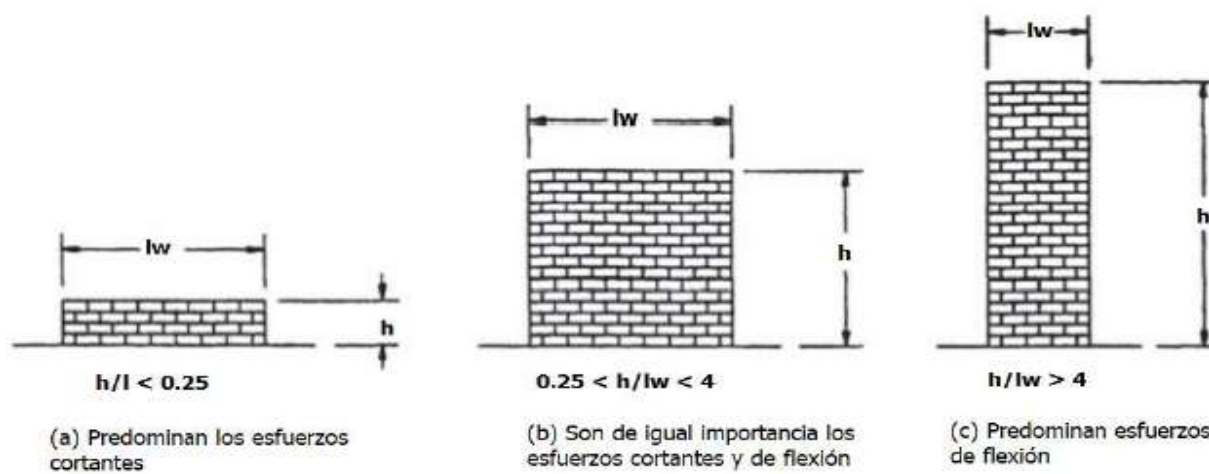
Cuando los muros de corte son construidos con el sistema de mampostería integral, éstos son el principal elemento estructural capaz de soportar las cargas sísmicas y gravitacionales. Mientras tanto, si son construidos con el sistema de mampostería confinada o mixta, los muros, en conjunto con el sistema de marcos de vigas y columnas, serán los encargados de recibir las cargas sísmicas y gravitacionales. En ambos casos, los muros serán capaces de transmitir las cargas de los niveles superiores a las fundaciones de la estructura.

2.3.2. Relación de aspecto

Los muros que aportan al sistema sismorresistente se diseñan para aguantar todas las cargas últimas a las que se somete el mismo. Aun así, existen muros que, por su característica relación de aspecto h/l , se conoce que el modo de falla esperado es cortante o flexión.

- Los muros con relación h/l menor a 0,25, también llamados “muros chatos”, son muros en los que predominan los esfuerzos cortantes. Este tipo de muros es usual de conseguir en estructuras de igual o menor altura a dos niveles.
- Los muros con relación h/l mayor a 4, también llamados “muros esbeltos”, son muros en los que predominan los esfuerzos de flexión. Este tipo de muros es característico de estructuras de varios niveles.
- Aquellos muros con una relación h/l entre 0,25 y 4 son muros en los que los esfuerzos cortantes y de flexión suelen ser igual de importantes.

Figura 5. Relación de aspecto h/l para muros



Fuente: Carballo Vargas (2019)

2.4.Métodos de análisis sísmico

2.4.1. Método estático

El método estático busca simular el comportamiento esperado en el primer modo de oscilación de una estructura para lograr la obtención de las fuerzas sísmicas por cada nivel y el cortante en la base de esta; también permite calcular las deformaciones resultantes de la aplicación de dichas fuerzas.

2.4.1.1.Cortante en la base

El cortante en la base se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = CW \quad \text{[Ecuación 7-1 CSCR2010/14]}$$

Donde:

V: cortante en la base.

C: coeficiente sísmico.

W: $\sum_{i=1}^N W_i$, peso total de la edificación para efectos sísmicos.

W_i: peso asignado al nivel i, calculado para efectos sísmicos conforme el artículo 6.1 del CSCR 2010/14.

N: número total de pisos del edificio.

2.4.1.2.Fuerzas sísmicas por nivel

La distribución de las fuerzas sísmicas por nivel está dada por la ecuación:

$$F_i = V \frac{W_i h_i}{\sum_{k=1}^N W_k h_k} \quad \text{[Ecuación 7-2 CSCR2010/14]}$$

Donde:

F_i: fuerza sísmica aplicada al nivel i.

V: cortante en la base.

h_i: altura del nivel i sobre el nivel de la base.

2.4.1.3.Período de diseño

El CSCR2010/14 establece que, de entrada, se puede suponer un periodo de vibración para conseguir el valor de FED con el que se obtiene el coeficiente sísmico con el que se calculan, por primera vez, las fuerzas sísmicas por nivel y cortante en la base de la estructura. Este valor es el

producto del número de niveles de la estructura y un factor que varía dependiendo del tipo de sistema constructivo.

El factor mencionado antes para el cálculo del periodo de diseño son los siguientes: tipo marcos de acero: 0,12; marcos de concreto: 0,10; duales de marcos y muros estructurales, marcos arriostrados o muros de mampostería: 0,08; muros estructurales o marcos arriostrados: 0,05.

2.4.1.4. Recalculo del período de diseño

En vistas de que el método de análisis estático solo considera el primer modo de oscilación de la estructura en estudio, el valor del período se deberá iterar tantas veces como se requiera con el fin de obtener el valor que realmente corresponda al comportamiento de la estructura.

El CSCR2010/14 establece que la forma de recalcularse este valor es mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1 \sum_{i=1}^N W_i (\delta_i^e)^2}{g \sum_{i=1}^N F_i \delta_i^e}} \quad [\text{Ecuación 7-3 CSCR2010/14}]$$

Donde:

δ_i^e : desplazamiento elástico en el nivel i debido a las fuerzas sísmicas horizontales

g : aceleración de la gravedad (m/s^2)

2.4.2. Método dinámico

Este método es el resultado de la combinación entre el análisis modal y el espectral. El primero es útil para obtener el periodo de vibración y porcentaje de masa participativa de la estructura, mientras el segundo, para obtener las cargas internas de diseño, así como los desplazamientos horizontales.

A diferencia del método estático, este método de análisis considera tantos modos de oscilación como se requieran, siendo usualmente los primeros dos modos los que consideran el mayor porcentaje de masa participativa y, en consecuencia, los modos que arrojan los periodos de vibración correspondientes al comportamiento de la estructura.

2.5. Cambios detectados en los nuevos lineamientos de mampostería del nuevo Código Sísmico

Tabla 2. Cambios en el capítulo de mampostería en ambas versiones de la norma

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Alcance	El diseño y la construcción de edificios de mampostería y sus componentes, que resistan fuerzas sísmicas, deben satisfacer las especificaciones del anexo A de este código y las del código "Requisitos para estructuras de mampostería en edificaciones" (Building Code Requirements for Masonry Structures, TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5-08), excepto en aquellas cláusulas que se contrapongan a las especificaciones del presente código.	El diseño y la construcción de edificios de mampostería y sus componentes, que resistan fuerzas sísmicas, deben satisfacer las especificaciones de este código y las del código "Requisitos para estructuras de mampostería en edificaciones" (Building Code Requirements for Masonry Structures, TMS 402-16), excepto en aquellas cláusulas que se contrapongan a las especificaciones del presente código.
Requisitos de refuerzo de muros de corte	El refuerzo destinado a tomar cortante debe quedar uniformemente distribuido y deben ser varillas deformadas, escalerillas en las sisas o una combinación de ambas. El espaciamiento del refuerzo en cada dirección no debe exceder la tercera parte del largo del elemento, la tercera parte de la altura del elemento u 80 cm, el menor de los tres valores. El refuerzo para cortante debe ser anclado en sus extremos mediante un gancho estándar de 180	El refuerzo en muros dominados por un comportamiento de cortante debe quedar uniformemente distribuido horizontal y verticalmente y deben ser varillas deformadas, escalerillas en las sisas o una combinación de ambas. El espaciamiento del refuerzo en cada dirección no debe exceder la tercera parte de la longitud del elemento, la tercera parte de la altura del elemento u 80 cm, el menor de los tres valores. El refuerzo para cortante

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Requisitos de refuerzo de muros de corte	<p>grados con una extensión mínima de 15 cm. La extensión del gancho debe quedar alojada en la sisa horizontal.</p>	<p>debe ser anclado en sus extremos mediante un gancho estándar de 180 grados con una extensión mínima de 15 cm. La extensión del gancho debe quedar alojada <u>preferiblemente</u> en la sisa horizontal <u>o dentro de un viga-bloque. Si el espesor del bloque no permite cumplir con los recubrimientos mínimos, se permiten ganchos a 90 grados alojados en la última celda.</u></p>
Resistencia especificada a la compresión de la mampostería	<p>La resistencia en compresión se debe basar en ensayos de prismas contruidos con los mismos materiales y mano de obra utilizada en la obra. Asimismo, los prismas deben ser ensayados según la norma <u>INTE 06-02-18-07 (Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de prismas de mampostería).</u></p> <p>El valor de f_m mínimo por emplear para las diferentes clases de mampostería es el indicado en la tabla siguiente. Asimismo, cuando no exista información obtenida del ensayo de prismas, el valor de f_m se puede suponer igual al valor mostrado en la tabla.</p>	<p>La resistencia en compresión se debe basar en ensayos de prismas contruidos con los mismos materiales y mano de obra utilizada en la construcción de la obra. Asimismo, los prismas se deben ensayar según la norma <u>INTE C55.</u></p> <p>La aceptación de la mampostería que no cumple con el inciso 302.14.7.1 se permite basar en ensayos de prismas extraídos de la estructura de mampostería, cuando el ingeniero responsable de la obra lo apruebe. En ese caso, se debe cumplir con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muestreo y remoción del prisma: corte un mínimo de tres prismas de la estructura de

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR								
		<p>mampostería construida por cada 500 m² de área de muro. Seleccione, remueva y transporte los prismas de acuerdo con ASTM C1532.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determine la longitud, ancho y espesor del prisma y ensáyelos de acuerdo con la norma INTE C55 a una edad mayor o igual que 28 días. - Calcule la resistencia en compresión de los prismas según la norma INTE C55. - Cumplimiento: la resistencia determinada con los prismas extraídos debe ser igual o superior a la resistencia en compresión especificada de la mampostería. Se permite ensayar especímenes de ensayo adicionales, removidos de la construcción en cuestión. 								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Mampostería clase</th> <th>f'_m sobre el área neta kg/cm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Mampostería clase	f'_m sobre el área neta kg/cm ²	A	100	B	70	C	60	
Mampostería clase	f'_m sobre el área neta kg/cm ²									
A	100									
B	70									
C	60									
Resistencia especificada a la compresión de la mampostería										

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Resistencia especificada a la compresión de la mampostería		El valor de f'_m mínimo por emplear para mampostería de concreto o arcilla es de 100 kg/cm ² . Asimismo, este valor de resistencia mínima puede suponerse en el diseño cuando no exista información obtenida del ensayo de prismas.
Intersección entre muros	<p>Cuando un muro de corte está anclado a la intersección de un muro o de varios muros, el ancho efectivo del ala en voladizo que se puede considerar a ambos lados <u>no debe ser mayor que seis veces el espesor efectivo del muro para efectos de esfuerzos de flexión</u>, siempre que se garantice la transferencia de las fuerzas cortantes verticales. Solamente, el área efectiva del muro paralela a las fuerzas de corte se supone que puede tomar esfuerzos de cortante.</p>	<p>Cuando un muro de corte está anclado a la intersección de un muro o de varios muros, el ancho efectivo del ala en voladizo que se puede considerar a ambos lados <u>debe ser el menor valor entre seis veces el espesor efectivo del muro o la mitad de la distancia libre entre muros</u>, siempre que se garantice la transferencia de las fuerzas cortantes verticales. Solamente, el área efectiva del muro paralela a las fuerzas de corte se supone que puede tomar esfuerzos de cortante.</p> <p>El refuerzo transversal se puede anclar con un gancho de 90° doblado contra una varilla longitudinal ubicada en la intersección.</p>

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Inercia de los elementos estructurales	<p>Los momentos de inercia equivalentes a las áreas para el análisis de edificios de mampostería estructural son:</p> <p>i. $I_{eq} = I_e$ y $A_{eq} = A_e$ para elementos en flexocompresión.</p> <p>ii. $I_{eq} = 0.50I_e$ y $A_{eq} = A_e$ para elementos en flexión.</p> <p>Donde:</p> <p>I_{eq} = momento de inercia equivalente de la sección transversal de la mampostería.</p> <p>A_{eq} = área equivalente de la sección transversal de la mampostería.</p> <p>I_e = momento de inercia efectivo de la sección transversal de la mampostería. Corresponde a la sección bruta menos la sección de las celdas vacías de la mampostería.</p> <p>A_e = área efectiva de la sección transversal de la mampostería. Corresponde a la sección bruta menos la sección de las celdas vacías de la mampostería.</p>	<p>Los momentos de inercia equivalentes a las áreas para el análisis de edificios de mampostería estructural son:</p> <p>$I_{eq} = 0.50I_e$</p> <p>$A_{eq} = 0.50A_e$</p> <p>Donde:</p> <p>I_{eq} = momento de inercia equivalente de la sección transversal de la mampostería.</p> <p>A_{eq} = área equivalente de la sección transversal de la mampostería.</p> <p>I_e = momento de inercia efectivo de la sección transversal <u>no agrietada</u> de la mampostería. Corresponde a la sección bruta menos la sección de las celdas vacías de la mampostería.</p> <p>A_e = área efectiva de la sección transversal <u>no agrietada</u> de la mampostería. Corresponde a la sección bruta menos la sección de las celdas vacías de la mampostería.</p>

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Ancho efectivo, b, del área de compresión	<p>Para calcular la zona de compresión producto de flexión en muros, para cargas perpendiculares al plano del muro, el ancho efectivo para las unidades no debe exceder seis veces el espesor nominal del muro o la distancia centro a centro de varillas.</p> <p>En el caso de que las unidades se coloquen en forma de estiba, el ancho efectivo no debe exceder <u>tres veces el espesor nominal del muro</u> o la distancia centro a centro de varillas.</p>	<p>Para calcular la zona de compresión producto de flexión en muros, para cargas perpendiculares al plano del muro, el ancho efectivo para las unidades traslapadas <u>o para las unidades colocadas en forma de estiba con el acero horizontal en viga bloques, con una separación menor o igual que 120 cm</u>, no debe exceder seis veces el espesor nominal del muro o la distancia centro a centro de varillas <u>verticales</u>.</p> <p>En el caso de que las unidades se coloquen en forma de estiba con el acero horizontal en viga bloques con una separación mayor de 120 cm o con el acero horizontal en la sisa, el ancho efectivo no debe exceder el largo del bloque o la distancia centro a centro de varillas verticales.</p>
Longitud de desarrollo	<p>La longitud de desarrollo del acero, l_d, se calcula como:</p> $l_d = \frac{l_{de}}{\phi} \quad [9-4]$ <p>Donde:</p> $l_{de} = \frac{0,566d_b^2 f_y}{K\sqrt{f'_m}} \quad [9-5]$ $\leq 52d_b$ <p>Donde:</p>	<p>La longitud de desarrollo del acero, l_d, se calcula como:</p> $l_d = \frac{0,5d_b^2 f_y \gamma}{K\sqrt{f'_m}} \quad [302-16]$ $\geq 40 \text{ cm}$ <p>Donde:</p> <p>d_b: diámetro de varilla</p> <p>f_y: resistencia a la fluencia del acero</p>

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
	<p>K = recubrimiento lateral o separación libre entre varillas, el que sea menor (cm); no debe exceder 5db.</p> <p>El valor de l_{de} no debe ser considerado menor que 30 cm.</p>	<p>f_m: resistencia de la mampostería</p> <p>El valor de “K” debe ser el menor de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mínimo recubrimiento lateral, desde la superficie externa del bloque a la cara de la barra. - 9db - Separación libre entre empalmes de refuerzo adyacentes. <p>En cuanto al valor de K, el espacio libre entre barras de refuerzo adyacentes no aplica para las barras de refuerzo que son empalmadas.</p> <p>Además, el valor de “γ” es:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 para barras No 3 a No 5 1,3 para barras No 6 a No 7 1,5 para barras No 8 a No 9 <p>El valor de l_d no debe ser considerado menor que 30 cm.</p> <p>La longitud de desarrollo para barras cubiertas por epóxico debe ser tomada como el 150 por ciento del obtenido con la ecuación [302-16].</p>
Longitud de desarrollo		

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Empalmes	<p>En empalmes mediante traslapos su longitud se debe calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:</p> $l_{empalme} = \frac{l_{de}}{\phi} \geq 40cm \quad [9-6]$ <p>Todos los traslapos y ganchos deben estar embebidos en concreto. Se permite usar traslapos soldados o empalmes mecánicos siempre que se demuestre que son capaces de desarrollar una capacidad igual a 1,25 veces el valor de cedencia del acero.</p>	<p>En empalmes mediante traslapos, <u>verticales y horizontales embebidos en concreto</u>, su longitud se debe calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:</p> $l_{empalme} = \frac{l_d}{\phi} \geq 40cm \quad [302-17]$ <p>En caso de que no se realice el empalme mediante traslapo horizontal embebido en concreto (empalme en la junta horizontal), se debe usar el traslape como se muestra en la figura 302.2 con una longitud mínima de 60 cm.</p> <p>Todos los traslapos y ganchos deben estar embebidos en concreto. Se permite usar traslapos soldados o empalmes mecánicos siempre que se demuestre que son capaces de desarrollar una capacidad igual a 1,25 veces el valor de cedencia del acero.</p> <p>El refuerzo empalmado mediante barras que no estén en contacto entre sí no puede estar espaciado una distancia mayor al menor valor entre una quinta parte de la longitud de traslapo requerida o 20 cm.</p>

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
	<p>El desplazamiento a media altura, Δ_s, bajo cargas de servicio laterales y verticales (sin factorizar) debe estar limitado por la siguiente expresión:</p> $\Delta_s = 0,007h \quad [9-46]$ <p>Los efectos $P\Delta$ se deben incluir en el cálculo del desplazamiento. El desplazamiento a media altura se debe calcular con las siguientes ecuaciones:</p> <p>Para $M_{ser} \leq M_{cr}$</p> $\Delta_s = \frac{5M_{ser}h^2}{48E_m I_g} \quad [9-47]$ <p>Para $M_{cr} < M_{ser} < M_n$</p>	<p>La deformación fuera del plano a media altura, Δ_s, bajo cargas de servicio laterales y verticales (sin factorizar) debe estar limitado por la siguiente expresión:</p> $\Delta_s = 0,007h \quad [302-7]$ <p>El cálculo de esta deformación se debe llevar a cabo de manera iterativa para considerar los efectos de momentos de segundo orden (efecto $P \cdot \Delta$). La deformación a media altura se debe calcular con las siguientes ecuaciones:</p> <p>Para $M_{ser} \leq M_{cr}$</p> $\Delta_s = \frac{5M_{ser}h^2}{48E_m I_n} \quad [302-8]$ <p>Para $M_{cr} < M_{ser} < M_n$</p> $\Delta_s = \frac{5M_{cr}h^2}{48E_m I_n} + \frac{5(M_{ser} - M_{cr})h^2}{48E_m I_{cr}} \quad [302-9]$ <p>A menos que se obtengan otros valores de rigidez a través de un análisis más racional, la inercia agrietada, I_{cr}, de un muro parcial o completamente relleno, con refuerzo vertical en el centro de las celdas, cuyo eje neutro se encuentre dentro de la cara de los</p>
Diseño por desplazamiento	$\Delta_s = \frac{5M_{cr}h^2}{48E_m I_g} + \frac{5(M_{ser} - M_{cr})h^2}{48E_m I_{cr}} \quad [9-48]$	

Cambio	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Diseño por desplazamiento		<p data-bbox="943 258 1417 344">bloques, se debe calcular con las siguientes ecuaciones:</p> $I_{cr} = n \left(A_s + \frac{P_u t}{f_y 2d} \right) (d - c)^2 + \frac{bc^3}{3}$ $c = \frac{A_s f_y + P_u}{0,72 f'_m b}$ <p data-bbox="943 667 1040 699">Donde:</p> <p data-bbox="943 720 1417 806">n = razón entre módulos de elasticidad E_s / E_m</p> <p data-bbox="943 827 1417 913">As = área de acero longitudinal en tracción, cm^2</p> <p data-bbox="943 934 1377 966">t = espesor nominal del muro, cm</p> <p data-bbox="943 987 1417 1136">d = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo en tracción, cm</p> <p data-bbox="943 1157 1417 1243">c = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el eje neutro, cm</p> <p data-bbox="943 1264 1300 1295">b = ancho de la sección, cm</p> <p data-bbox="943 1316 1417 1402">In = inercia neta de la sección transversal, cm^4</p> <p data-bbox="943 1423 1417 1509">Icr = inercia agrietada de la sección transversal, cm^4</p>

2.5.1. Cambios de mayor impacto para el diseño estructural detectados en los lineamientos de mampostería del nuevo Código Sísmico

2.5.1.1. Factores de reducción de resistencia nominal

CSCR2010/14

Tabla 3. Factores de reducción de resistencia nominal para mampostería del CSCR2010/14

Elemento mecánico	Mampostería clase A	Mampostería clase B
Flexión y carga axial	$\phi = 0,80 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$ $0,60 \leq \phi \leq 0,80$	$\phi = 0,75 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$ $0,55 \leq \phi \leq 0,75$
Cortante y torsión	$\phi = 0,60$	$\phi = 0,55$
Longitud de desarrollo y traslapos	$\phi = 0,80$	$\phi = 0,75$
Aplastamiento	$\phi = 0,60$	$\phi = 0,50$

Fuente: CSCR2010/14 (2016)

Nuevo CSCR

Tabla 4. Factores de reducción de resistencia nominal para mampostería del nuevo CSCR

Acción a considerar	Factor de reducción
Flexión y carga axial	$\phi = 0,85$
Cortante y torsión	$\phi = 0,70$
Longitud de empalme	$\phi = 0,80$ para barras No 5 o menores $\phi = 1$ para barras No 6 o mayores
Aplastamiento	$\phi = 0,60$

Fuente: CFIA (2021)

2.5.1.2. Resistencia nominal al cortante en muros con cargas paralelas a su plano

Tabla 5. Diferencias para el diseño a cortante de muros con cargas paralelas a su plano entre ambas versiones de la norma

Lineamiento	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
Factor de reducción, ϕ	Mampostería tipo A: $\phi = 0,60$ B: $\phi = 0,55$	$\phi = 0,70$
Capacidad nominal a cortante	$V_n = V_m + V_s$	$V_n = (V_m + V_s)\gamma_g$ Donde: $\gamma_g = 0,75$ para muros parcialmente llenos y 1 para muros completamente llenos
Contribución de la mampostería	$V_m = \left\{ \left[1 - 0,44 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] \sqrt{f'_m} + 0,25 \left(\frac{P_u}{A_g} \right) \right\} db_w$	$V_m = \left\{ \left[1 - 0,44 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] \sqrt{f'_m} + 0,25 \left(\frac{P_u}{A_{nv}} \right) \right\} A_{nv}$ Donde el valor de A_{nv} para muros parcialmente rellenos sometido a cargas paralelas a su plano, se calcula de la siguiente forma: $A_{nv} = \left[b_c(l_c + t_{wi} + t_{we}) \left(\frac{1}{S_v} \right) + 2t_{fs} \right] 100 \frac{cm^2}{m}$ Donde: l_c = longitud de una celda de la unidad, cm. t_{fs} = espesor de la cara externa de la unidad, cm.

Lineamiento	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
	Refuerzo horizontal embebido en toda su longitud (con uso de viga-bloque):	Refuerzo horizontal embebido en toda su longitud (con uso de viga-bloque):
Contribución del acero de refuerzo	$V_s = \frac{0,5A_{sh}f_y d}{S_h}$	$V_s = \frac{0,5A_{sh}f_y d}{S_h}$
	En caso de que se coloque sobre la sisa:	En caso de que se coloque sobre la sisa:
	$V_s = \frac{0,25A_{sh}f_y d}{S_h}$	$V_s = \frac{0,4A_{sh}f_y d}{S_h}$
		<p>Cuando el valor $\mu / V_{udv} \leq 0,5$:</p> $V_{nf} = \mu (A_{sp} f_y + P_u)$ <p>Donde: μ es el coeficiente de fricción. Será 1 para mampostería soportada en concreto con superficie acabada intencionalmente rugosa (+/- 6mm), para otras condiciones μ, será 0,7.</p> <p>Cuando el valor $\mu / V_{udv} \geq 1,0$:</p> $V_{nf} = 0,42 f'_m A_{nc}$ <p>Donde:</p> <p>Asp = área de acero dentro del área neta en cortante, Anv, perpendicular al plano horizontal de cortante.</p> <p>Anc = área neta de la sección entre el eje neutro y la fibra extrema en compresión calculado para la resistencia nominal de la sección, Mn.</p> <p>Para valores de μ / V_{ud} entre 0,25 y 1,0 se debe interpolar linealmente.</p>
El cortante nominal por fricción en la base	No indica	

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología para la investigación

Los cambios que se verán en la nueva versión del Código Sísmico se podrán detectar en la metodología de diseño estructural por cortante de la mampostería y en los factores de reducción de capacidad para cada tipo de revisión. A razón de esto, se plantea el modelado y el diseño estructural en el programa para el análisis estructural ETABS de una vivienda de mampostería integral de dos niveles de la que se escogerán la planta arquitectónica y los tipos de sistema para el entrepiso, así como las cargas permanentes provenientes de elementos estructurales y no estructurales, las cargas temporales correspondientes por norma y los parámetros para el análisis sísmico bajo la metodología vigente del CSCR2010/14 con los métodos de análisis estático y dinámico.

Posteriormente, se procederá al diseño y a la revisión de capacidad de los muros de corte preidentificados como elementos “críticos”, asignando a estos elementos el acero de refuerzo correspondiente a la varilla mínima permitida (calibre #3) dentro del distanciamiento máximo permisible por norma aplicando los lineamientos de ambas versiones de la norma de forma que se pueda identificar cuantitativamente cuánto es el impacto que deriva de la aplicación de ambos métodos de diseño y el porcentaje de participación de la mampostería y el acero en la capacidad nominal de cada elemento.

3.1.1. Definición de la planta arquitectónica de la estructura

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se requiere de la selección de las características geométricas de la estructura. Para esto, se estudian diferentes opciones de distribución encontradas entre los modelos actuales ofrecidos por el mercado de desarrolladores existentes a nivel nacional y se escoge la que mejor se adapte a las condiciones buscadas para el comportamiento de la estructura.

La vivienda escogida para el desarrollo del diseño debe cumplir con el hecho de que sea una casa de habitación de dos niveles, que tenga un diseño de planta irregular, y que, en la mayoría de sus paños, se encuentren buques de puertas y ventanas. Luego del proceso de estudio y descarte, se selecciona la presentada en las figuras 6 y 7.

El prototipo escogido en estudio es una casa de habitación de mampostería de concreto de dos niveles de área de 258.32 m² en total, de los cuales 208.26 m² son habitables distribuidos en dos plantas (86.96 m² en la primera planta, 121.29 m² en la segunda), y 50.06 m² que corresponden a espacio de garaje/cochera. La altura entre cada nivel es de 2.80 m.



Fuente: ROCCA S.A. (2021). Condominio Parques del Sol, casa Modelo E. Costa Rica.

Figura 6. *Planta arquitectónica nivel 0+2.80*



Fuente: ROCCA S.A. (2021). Condominio Parques del Sol, casa Modelo E. Costa Rica.

3.1.2. Definición de los elementos estructurales

Así como la selección de la planta arquitectónica para el desarrollo del diseño estructural, se define la de los elementos estructurales que son parte del sistema sismorresistente.

El sistema constructivo con el que se diseña la estructura es el de mampostería integral. A razón de esto, los elementos que conforman el sistema sismorresistente se resumen en muros de corte, pilares, columnetas y vigas.

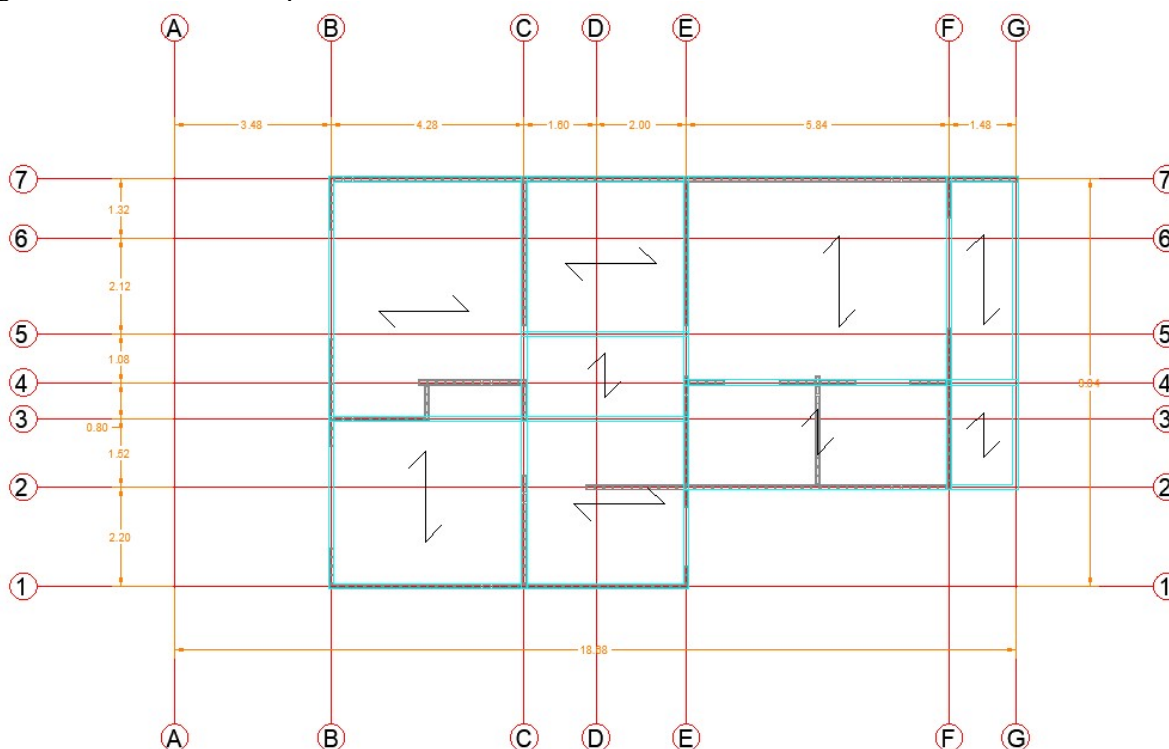
3.1.2.1. Vigas

Se preestablecen el tamaño y las características para las vigas de entrepiso, corona y carga tal como se detallan a continuación:

- Viga 12 cm x 20 cm
- Resistencia del concreto: $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso volumétrico: 2.400 Kg/m^3
- Módulo de elasticidad: 218.820 Kg/m^3
- Momento de inercia equivalente: $I_{eq} = 0,50 I_g$

Tal como antes se establece, el diseño de estos elementos no forma parte de los objetivos del presente trabajo de investigación. Por lo tanto, se incluyen en el modelado de la estructura con el único objetivo de que aporten al sistema de entrepiso y techo, y considerarlos para el cálculo de las cargas permanentes que participan en el comportamiento sísmico.

Figura 7. Planta de entrepiso



Nota: Se muestra la distribución de vigas para el entrepiso en cian y dirección de carga del sistema de entrepiso en cada sección

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de AutoCAD.

3.1.2.2. Muros de mampostería

Tomando como premisa que se desea conocer el impacto de los cambios a los lineamientos del capítulo de mampostería para el Código Sísmico de Costa Rica, y conociendo que los cambios de mayor relevancia e impacto se encuentran en el diseño por cortante, se determinan las siguientes características para los muros de corte que están presentes en la estructura:

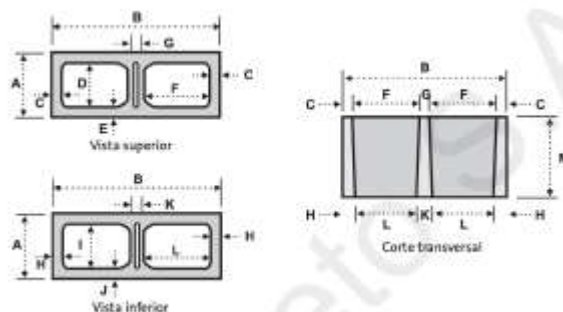
- Espesor de muro: 12 cm
- Bloques de concreto clase A: $f'_m = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- Mortero clase A: $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
- Concreto de relleno clase A: $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso volumétrico: 1.850 Kg/m^3
- El módulo de elasticidad para unidades de concreto se calcula como 750 veces f'_m , tal como lo indica el inciso 9.3.4 del CSCR2010/14: 75.000 Kg/m^3

- Momento de inercia equivalente: $I_{eq} = 0,50 I_e$

La geometría de los bloques de mampostería de concreto Considerados para el diseño se detalla en la figura 9.

Figura 8. Geometría de los bloques de concreto

Dimensiones nominales (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Pesos (kg)
12 x 20 x 40	120	390	25	74	23	157	26	28.5	67	26.5	33	150	190	10.7
15 x 20 x 40	150	390	26	94	28	155	28	31	91	29.5	34	147	190	13.2
20 x 20 x 40	200	390	26	148	26	155	28	29	141	29.5	34	149	190	17,6

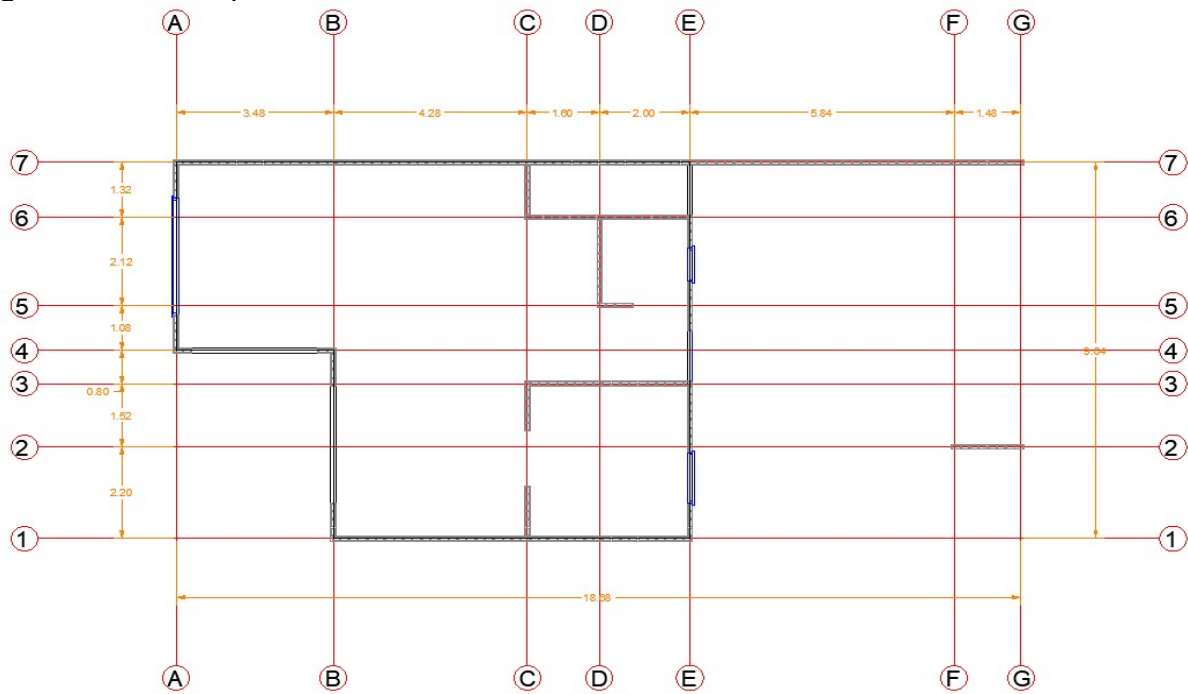


Fuente: (Productos de Concreto S.A.)

Los muros de corte que encontramos usualmente en una vivienda construida con el sistema de mampostería son muros chatos, por lo tanto, el modo de falla, que rige, es el de cortante. Esto explica la elección de este tipo de estructura por su comportamiento de falla esperado para la comprobación de los cambios presentados en los nuevos lineamientos para la mampostería estructural del Código Sísmico.

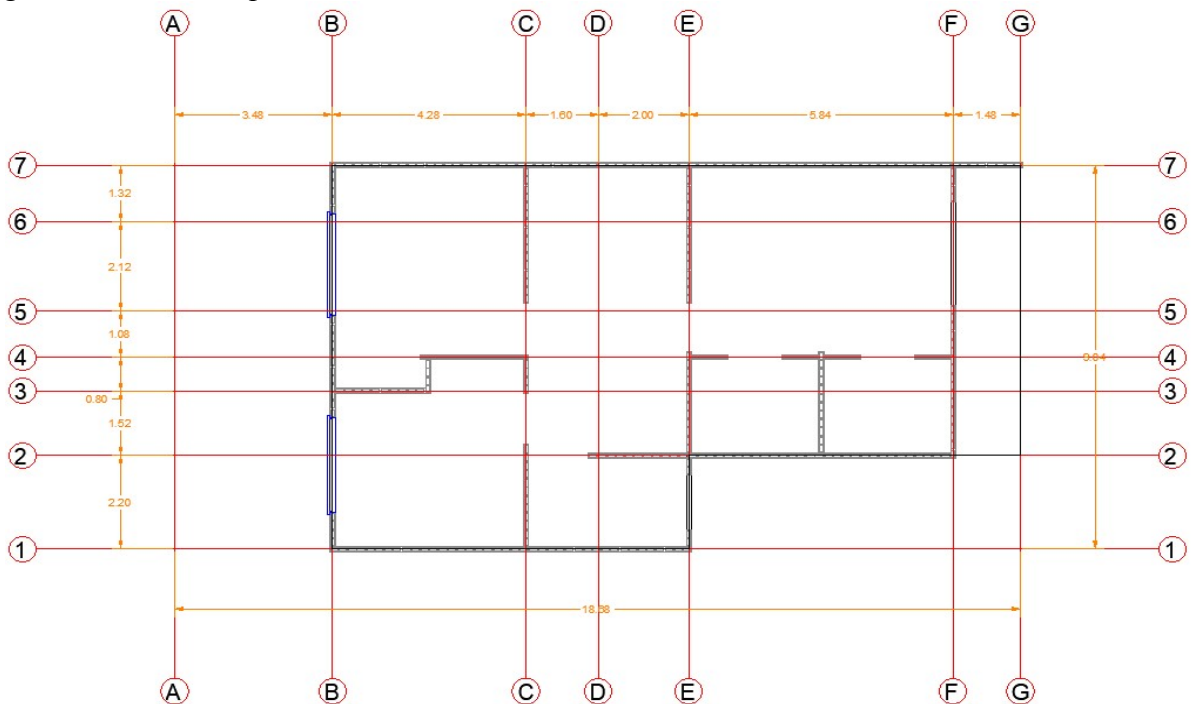
La distribución de muros en la estructura es asimétrica, por lo cual es de esperarse que el comportamiento sísmico de ésta sea una combinación de cargas que considere el aporte de los muros distribuidos en ambas direcciones. En las figuras 10 y 11, se muestra la distribución de muros por planta.

Figura 9. *Diseño de planta nivel 0+0.00*



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de AutoCAD.

Figura 10. *Diseño de planta nivel 0+2.80*



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de AutoCAD.

3.1.3. Definición de las cargas de diseño

Las cargas consideradas para el diseño sismorresistente son las provenientes del escenario más desfavorable bajo cualquiera de las combinaciones exigidas por el capítulo 6 del CSCR2010/14 que sean revisadas. Éstas corresponden a cuatro combinaciones de carga en las que se incrementan los valores de las cargas participantes, como las cargas permanentes, temporales, de empuje y sísmicas.

Dependiendo del tipo de estructura, las cargas de empuje, usualmente correspondientes a cargas de viento, no se consideran dentro del análisis debido a que su aporte no implica casi ningún impacto en el comportamiento esperado de las estructuras; es el caso del tipo de estructura en estudio, por su baja altura, se considera que el efecto que aporta el viento es despreciable para los cálculos y se considera únicamente el aporte de carga lateral por la carga sísmica.

3.1.3.1. Cargas temporales

Estas cargas están preestablecidas en el capítulo 6 del CSCR2010/14 y son asignadas según el uso de la edificación.

Tabla 6. *Cargas temporales de servicio*

Destino del piso	Carga temporal Kgf/m ²
Habitación (casas de habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, entre otros).	200,00
Techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado y otros.	40,00

Fuente: CSCR2010/14 (2016)

3.1.3.2. Cargas permanentes

Las cargas permanentes de cualquier elemento estructural diseñado se calculan al multiplicar el peso volumétrico de los materiales usados por su sección transversal y por la longitud lineal total de la cantidad de elementos existentes con esa geometría.

Además, se considera, para el entrepiso, una serie de cargas permanentes promedio, correspondientes al sistema de entrepiso, instalaciones electromecánicas, elementos arquitectónicos, entre otros, tal como lo estipula que se debe considerar el CSCR2010/14 en su capítulo 6.

A continuación, se presentan las cargas permanentes consideradas para el desarrollo del presente trabajo de investigación:

Vigas

Tabla 7. *Carga permanente de vigas*

Nivel	0+2.80	0+5.60	
Base (m)	0,12	0,12	
Peralte (m)	0,20	0,20	
Longitud lineal (m)	90,00	90,00	
Peso volumétrico (Kgf/m ³)	2.400	2.400	
CP (Kgf)			5.184,00 5.184,00 Σ 10.368,00

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muros de mampostería

Tabla 8. *Peso propio muros de mampostería*

Nivel	0+2.80	0+5.60	
Espesor (m)	0,12	0,12	
Longitud lineal (m)	65,96	81,20	
Altura (m)	1,30	2,60	
Peso volumétrico (Kgf/m ³)	1.850	1.850	
CP (Kgf)			19.036,06 46.868,64 Σ 65.904,70

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Cargas permanentes adicionales

Tabla 9. *Cargas permanentes adicionales*

Entrepiso 0+2.80		Techo 0+5.60	
Paredes livianas (Kgf/m ²)	40	Estructura de techo (Kgf/ m ²)	20
Cielo (Kgf/m ²)	20	Clavadores (Kgf/m ²)	10
Electromecánica (Kgf/m ²)	20	Laminas (Kgf/m ²)	8
Piso (Kgf/m ²)	70	Cielo (Kgf/m ²)	20
Otros (Kgf/m ²)	15	Electromecánica (Kgf/m ²)	20
N/A	0	Otros (Kgf/m ²)	15
CP (Kgf/m²) 165		CP (Kgf/m²) 93	

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

Sistema de entrepiso

La selección de este sistema se basa en el claro de carga libre de mayor longitud presente en la estructura y en la sumatoria de las cargas permanentes adicionales al peso propio del mismo y de la carga temporal por norma correspondiente por considerar en el entrepiso.

Conociendo que el claro de carga de mayor longitud es de 4.52 m y que se tienen 365 Kgf/m² de sobrecarga (cargas permanentes adicionales + carga temporal), se tiene que la selección del entrepiso deberá resistir al menos 365 Kgf/m² con un claro inferior al indicado.

Se selecciona el tipo de sistema de entrepiso que mejor se adapta a estas consideraciones desde la tabla 8.2 del capítulo 8 del Manual Técnico PC:

Figura 11. *Sistemas de entrepiso pretensados*

Tabla 8.2 Entrepisos de vigueta con sobrelosa de 5 cm y con resistencia de 210 kg/cm ²						
Tipo de vigueta	VIG 15 O		VIG 15 A		VIG 20 A	
Peso de las viguetas	49 kg/m ²		49 kg/m ²		58 kg/m ²	
Peso del concreto'	126 kg/m ²		144 kg/m ²		135 kg/m ²	
Peso de los bloques	124 kg/m ²		137 kg/m ²		137 kg/m ²	
Fuerza de pretensión	7280 kgf	7280 kgf	7280 kgf	7280 kgf	7280 kgf	7280 kgf
Sobrecarga** CM _{adic} + CV (kg/m ²)	CLARO (m) sin apuntalamiento	CLARO (m) con apuntalamiento	CLARO (m) sin apuntalamiento	CLARO (m) con apuntalamiento	CLARO (m) sin apuntalamiento	CLARO (m) con apuntalamiento
200	5.18	6.00	4.98	6.50	6.36	7.50
250	5.07	6.00	4.98	6.50	6.36	7.50
300	4.95	5.83	4.98	6.50	6.34	7.50
350	4.83	5.60	4.92	6.29	6.20	7.28
400	4.73	5.39	4.84	6.07	6.07	7.02
450	4.63	5.21	4.77	5.88	5.94	6.79
500	4.54	5.04	4.70	5.70	5.82	6.59
550	4.45	4.89	4.64	5.53	5.71	6.40
600	4.37	4.76	4.58	5.38	5.60	6.22
650	4.29	4.63	4.52	5.24	5.50	6.06
700	4.22	4.51	4.46	5.11	5.41	5.91
750	4.15	4.40	4.41	4.99	5.32	5.67
800	4.08	4.30	4.35	4.88	5.23	5.42
850	4.02	4.21	4.30	4.78	5.15	5.19
900	3.96	4.12	4.25	4.68	4.98	4.98
950	3.90	4.03	4.20	4.59	4.79	4.79
1000	3.85	3.96	4.16	4.50	4.61	4.61

Fuente: (Productos de Concreto S.A.)

El sistema de entrepiso que responde a las consideraciones detalladas es el de vigueta VIG150, el cual tiene un peso propio de 300 Kg/m².

Cargas permanentes totales

Considerando el peso propio del sistema de VIG150, se tiene que las cargas permanentes para el entrepiso y el techo son las detalladas:

Tabla 10. *Cargas permanentes distribuidas por área en cada nivel*

Entrepiso 0+2.80		Techo 0+5.60	
CP (Kgf/m ²)	465,00	CP (Kgf/m ²)	93,00
Sistema entrepiso (Kgf/m ²)	300,00	Estructura de Techo (Kgf/m ²)	20,00
Sobrelosa (Kgf/m ²)	0,00	Clavadores (Kgf/m ²)	10,00
Paredes livianas (Kgf/m ²)	40,00	Laminas (Kgf/m ²)	8,00
Cielo (Kgf/m ²)	20,00	Cielo (Kgf/m ²)	20,00
Electromecánica (Kgf/m ²)	20,00	Electromecánica (Kgf/m ²)	20,00
Piso (Kgf/m ²)	70,00	Piso (Kgf/m ²)	0,00
Otros (Kgf/m ²)	15,00	Otros (Kgf/m ²)	15,00
Área (m ²)	121,29	Área (m ²)	121,29
CP (Kgf)	56.401,57	CP (Kgf)	11.280,31

Nota: El peso de la sobrelosa se encuentra dentro del peso especificado para el sistema de entrepiso

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Tabla 11. *Cargas permanentes totales por nivel*

Σ CP/nivel	0+2.80	0+5.60	Total
Kgf	80.621,63	63.332,95	143.954,58
Tonf	80,62	63,33	143,95

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

3.1.3.3.Carga sísmica

De acuerdo con lo estipulado por el CSCR2010/14 en el inciso 6.1.3, se debe considerar la carga permanente de cada nivel más una porción de la carga temporal correspondiente al mismo.

Tabla 12. *Combinación de carga sísmica por nivel*

Nivel	Combinación de carga sísmica
0+2.80	$CS_{x,y} = CP + 0,15CT$
0+5.60	$CS_{x,y} = CP$

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

3.1.3.4. Carga última de diseño

Las combinaciones de cargas por considerar de acuerdo con el CSCR2010/14 son las siguientes:

$$CU = 1,4CP \quad \text{[Ecuación 6-1 CSCR2010/14]}$$

$$CU = 1,2CP + 1,6frCT + 1,6CE \quad \text{[Ecuación 6-2 CSCR2010/14]}$$

$$CU = 1,05CP + f1frCT \pm CS + CE \quad \text{[Ecuación 6-3 CSCR2010/14]}$$

$$CU = 0,95CP \pm CS + CE \quad \text{[Ecuación 6-4 CSCR2010/14]}$$

Donde:

CU: carga última de diseño.

CP: carga permanente.

CT: carga temporal.

CS: carga sísmica.

CE: carga de empuje.

fr: factor de reducción para la carga temporal.

f1: factor de probabilidad de ocupación de la carga temporal durante un sismo.

f1 = 0,5, tasa de posibilidad baja de operación de la estructura durante el sismo.

f1 = 1,0, tasa de posibilidad alta de operación de la estructura durante el sismo.

f1 = 0,0, para techos.

3.1.4. *Parámetros para el modelado y análisis sísmico*

Con el fin de analizar y verificar el comportamiento sísmico de la estructura, se realiza el análisis por los métodos estático y dinámico.

Se detallan los parámetros de entrada para el análisis en ambos casos:

- Estructura tipo: muro.
- Zonificación sísmica: III
- Sitio de cimentación: S3
- Aceleración pico efectiva de diseño, aef: 0,36
- Sobrerresistencia, SR: 2,0
- Clasificación por su importancia: D
- Factor importancia, I: 1,0

- Con el objetivo de evaluar el caso más desfavorable posible, se asume que la estructura tiene un comportamiento elástico y, por consecuencia, la ductilidad global asignada es de 1,00.
- Límite superior de la razón de deriva inelástica: 1,00%.
- El coeficiente sísmico, C, se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\alpha_{ef} I FED}{SR} \quad [\text{Ecuación 5-1 CSCR2010/14}]$$

Donde el factor espectral dinámico, FED, se obtiene a partir del gráfico 5.7 del CSCR2010/14 para ductilidad igual a 1,0. Varía en función del periodo calculado de la estructura (ver en anexo A).

3.1.5. Modelado de la estructura

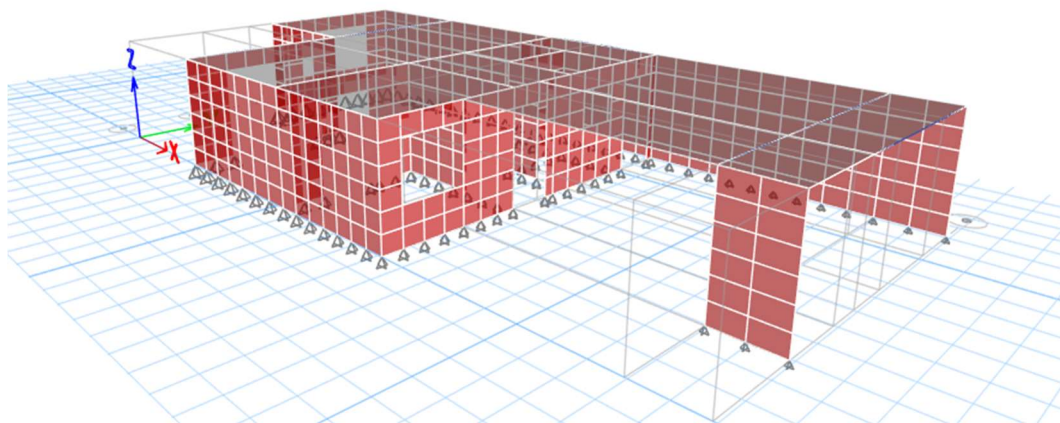
Al ser un trabajo de investigación desarrollado mediante un enfoque analítico, el método para proceso y recolección de datos para el diseño se realiza a partir de la implementación del modelado del prototipo de la vivienda de mampostería de dos niveles en ETABS con los parámetros antes definidos. De este programa, se extraen tabulados todas las cargas últimas de diseño analizadas bajo las combinaciones de carga posibles por norma.

Todos los resultados arrojados por el modelo deben ser procesados y analizados por el diseñador para realizar el diseño y la revisión de cumplimiento de capacidad de acuerdo con lo que corresponda por cada tipo de elemento y modo de falla predominante.

Aunque es usual que, para el análisis sísmico de estructuras con planta irregular se considere el 100% de la carga sísmica en el sentido en el que se calcula y el 30% en el sentido contrario, para efectos de simplificación del modelo, se obvia esto último. Por tanto, se considera el efecto del sismo únicamente en el sentido calculado obviando el aporte del 30% de éste en el sentido contrario.

En los comentarios al CSCR2010/14, se incluye un método simplificado para analizar estructuras de dos niveles de forma que el modelado y análisis sísmico de ésta se hagan de manera más eficiente sin comprometer la precisión de los resultados obtenidos. Este método permite que el análisis considere el modelado en una sola planta de la edificación y que todas las cargas correspondientes desde el nivel de entrepiso hasta el techo sean cargados al diafragma rígido correspondiente al primer nivel de la estructura.

Figura 12. *Modelo ETABS vivienda de mampostería de concreto de dos niveles modelada en solo una planta*



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

3.1.6. *Análisis sísmico*

3.1.6.1. Método estático

Considerando lo anterior, se inicia el proceso iterativo asumiendo los siguientes valores:

Parámetro	X	Y
Período (s)	0,125	0,125
FED	2,50	2,50
C	0,45	0,45

En vistas de que se definió que la estructura tiene un comportamiento elástico ($\mu = 1$), se asume un primer valor de periodo correspondiente al primer valor que se encuentra en el plató del gráfico 5.7 del CSCR2010/14 correspondiente al FED para sitios de cimentación S3 en zona sísmica 3 con los que se obtienen la fuerza sísmica por nivel y el valor del cortante basal en “X” y “Y”.

	Diafragma 1 nivel 0+2.80	Techo nivel 0+5.60	Σ
CP (Kgf)	80.621,63	63.332,95	
CT (Kgf)	24.258,74	4.851,75	
%CT	0,15	0,00	
CT _{reac} (Kgf)	3.638,81	0,00	
P _{sis} m (Kgf)	84.260,44	63.332,95	147.593,39
h (m)	2,80	2,80	
P _{sis} m*h	235.929,23	177.332,27	413.261,50
FSx (Kgf)	37.917,20	28.499,83	66.417,03
FSy (Kgf)	37.917,20	28.499,83	66.417,03

Se introducen en ETABS los valores calculados para cortante basal en cada dirección para obtener los desplazamientos máximos y hacer la revisión del periodo de diseño para la estructura en “X” y “Y”, obteniendo:

	x	y
T inicial (s)	0,1250	0,1250
T corregido (s)	0,0613	0,1297
error	103,96%	3,60%

Con el nuevo periodo calculado corregido, se consiguen nuevamente los valores correspondientes para la estructura (FED, coeficiente sísmico, fuerza sísmica por nivel, desplazamientos y el valor del cortante basal en “X” y “Y”) para obtener finalmente los siguientes resultados:

Parámetro	X	Y		Diafragma 1 nivel 0+2.80	Techo nivel 0+5.60	Σ	
Período (s)	0,0613	0,1297					
FED	1,58	2,5		CP (Kgf)	80.621,63	63.332,95	
C	0,28	0,45		CT (Kgf)	24.258,74	4.851,75	
				%CT	0,15	0,00	
				CT _{reac} (Kgf)	3.638,81	0,00	
				P _{sis} m (Kgf)	84.260,44	63.332,95	147.593,39
				h (m)	2,80	2,80	
				P _{sis} m*h	235.929,23	177.332,27	413.261,50
				FSx (Kgf)	23.902,51	17.965,92	41.868,43
				FSy (Kgf)	37.917,20	28.499,83	66.417,03

Luego de dos iteraciones, usando la ecuación 7-3 del CSCR2010/14, se determina que el porcentaje de error entre periodos es menor que 0%, por lo tanto, se toman estos valores como los que corresponden al comportamiento de la estructura determinados por el método estático.

	x	y
T (s)	0,0613	0,1297
V _{basal} (Kgf)	41.868,43	66.417,03

3.1.6.2. Método dinámico

Al implementar el uso del programa para el diseño estructural ETABS, se consiguen directamente de este mismo los primeros 12 modos de oscilación de la estructura de forma que se obtienen también los periodos correspondientes a los sentidos “X” y “Y” de los modos en los que se tiene mayor porcentaje de masa participativa en cada sentido. El análisis completo de los 12 modos considerados para la estructura se puede detallar en el anexo C.

	x	y
T (s)	0,0510	0,1170
Masa participativa	84,10%	95,38%
V _{basal} (Kgf)	31.046,41	57.841,47

3.1.7. Revisión de desplazamientos y derivas

Para cada método de análisis, estático y dinámico, se obtienen los desplazamientos correspondientes por la aplicación de la fuerza sísmica al centro de masa del entrepiso.

Se debe cumplir que ningún nodo se desplace un valor tal, que supere el límite dado por la norma. La forma de revisar el cumplimiento de esto es mediante la aplicación del siguiente procedimiento de cálculo:

$$\Delta_i = \mu SR \Delta_i^e \quad [\text{Ecuación 7-8 CSCR2010/14}]$$

$$\text{Razón de deriva inelastica} = \frac{\Delta_i}{H}$$

Donde:

Δ_i : desplazamiento inelástico relativo horizontal entre el nivel i y el nivel adyacente inferior.

μ : ductilidad global asignada.

SR: sobrerresistencia.

Δ_i^e : deriva elástica entre el nivel i y el nivel adyacente inferior.

H: altura entre nivel i y el nivel adyacente inferior.

Luego de obtenido el modelo con el comportamiento correspondiente en cada método de análisis, se obtienen, desde ETABS, los valores de desplazamiento máximo para revisión. Al ser

una estructura tipo cajón de baja altura, la rigidez de los muros aporta suficiente resistencia al desplazamiento. Por esto, los desplazamientos suelen ser bajos y no superan el valor dado por norma, el cual en este caso corresponde a 1,0%.

Tabla 13. Revisión derivas inelásticas

	Método estático		Método dinámico	
	SX	SY	SX	SY
Desplazamiento(cm)	0,026	0,188	0,0229	0,1792
H (cm)	280	280	280	280
Δ_i	0,052	0,376	0,05	0,36
Δ_i/H	0,0186%	0,1343%	0,0164%	0,1280%
Revisión	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Al comparar los desplazamientos y las derivas en ambos, se observa un comportamiento bastante similar con ambos métodos de análisis sísmico.

3.1.8. Población y muestra, técnicas de muestreo

Se tienen muros de corte y pilares de diferentes características estructurales y geométricas, con lo cual se crea una variedad de estos elementos. Todos estos elementos estructurales que aportan a la resistencia sismorresistente de la estructura y que se encuentren en el primer nivel de ésta son considerados la población de estudio.

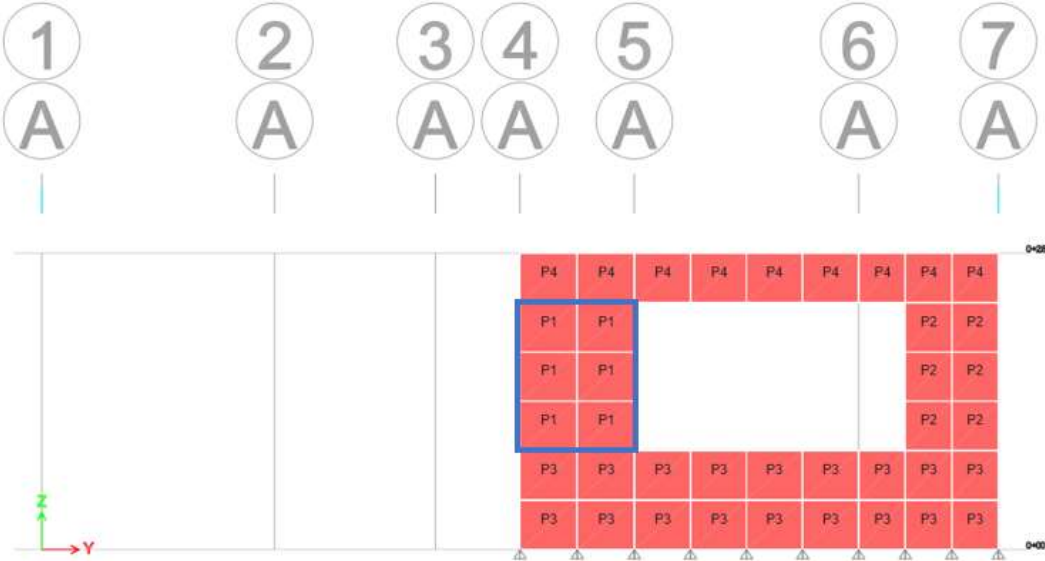
La muestra seleccionada responderá a una unidad de cada elemento estructural que posea características particulares a partir de la selección no probabilística de la población de estudio. Esto con base en que se tendrán subcategorías de elementos estructurales en los que se podrán conseguir similitudes y simplificar así su estudio unitario para generalizar los resultados de cada elemento diseñado entre los de su categoría.

Por lo anterior establecido, se tomarán muestras unitarias de cada tipo de elemento que tenga una serie de características particulares geométricas y de posición, ya que éstos serán los elementos que se suponen inicialmente de que requieren de atención del profesional diseñador al aplicar los cambios en las ecuaciones de diseño que la nueva versión de la norma nacional trae con ella.

Todos los elementos seleccionados para el estudio se consideran muros de corte o segmentos de muros (“piers”), por tanto, las ecuaciones de diseño que corresponden son las detalladas en la tabla 5 cuando corresponda el diseño a cortante.

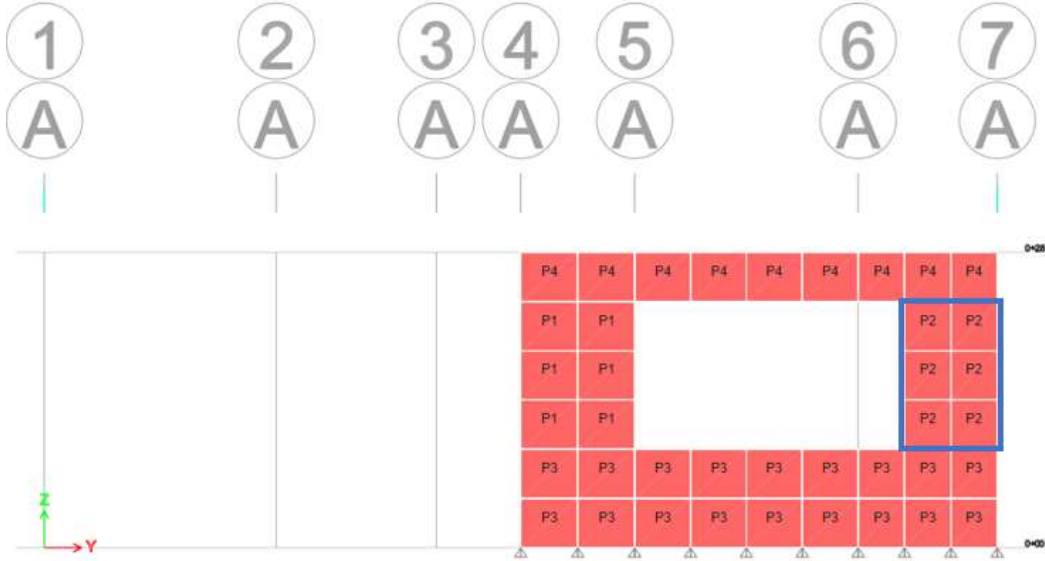
En el anexo D, se pueden detallar todos los muros de la estructura por eje. Los elementos seleccionados para diseño estructural son los presentados en las figuras de la 13 a la 25.

Figura 13. Muro A, Pier 1



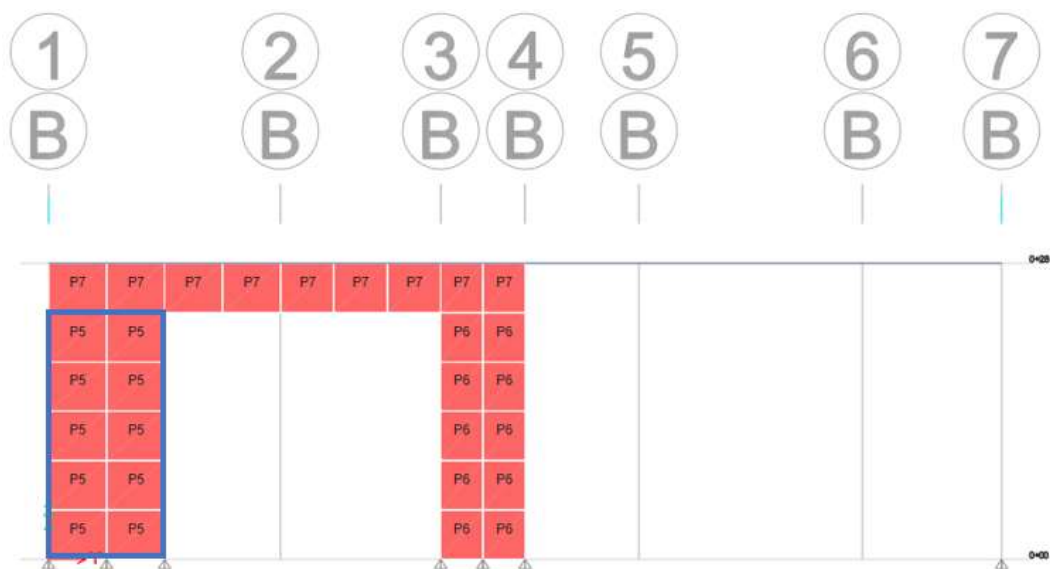
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 14. Muro A, Pier 2



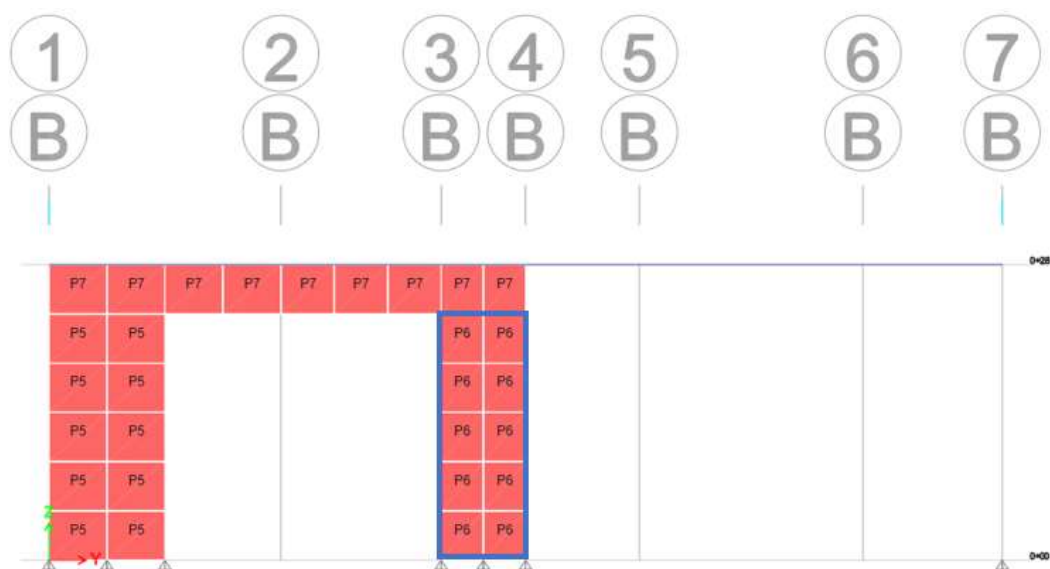
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 15. Muro B, Pier 5



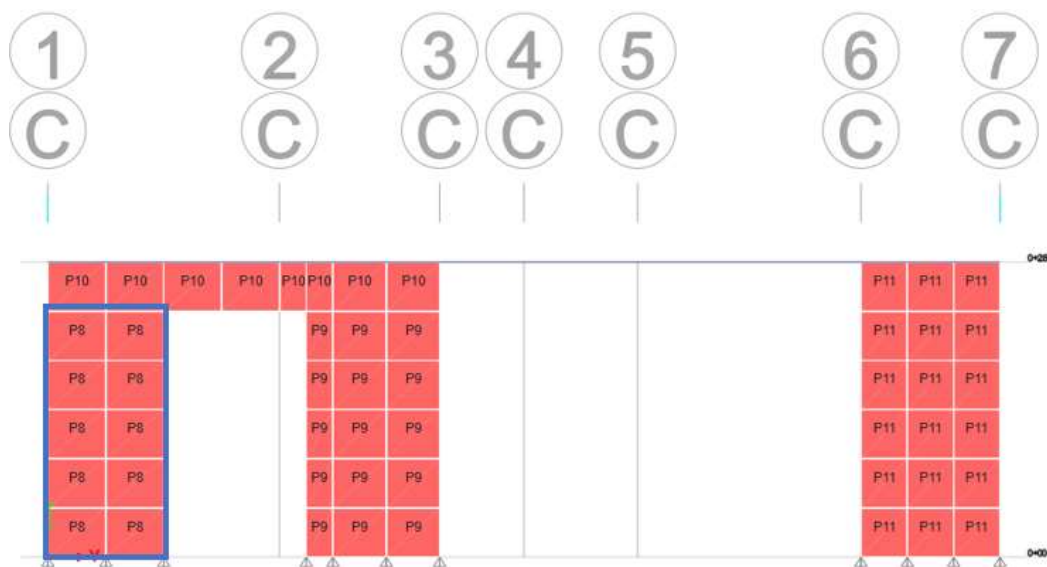
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 16. Muro B, Pier 6



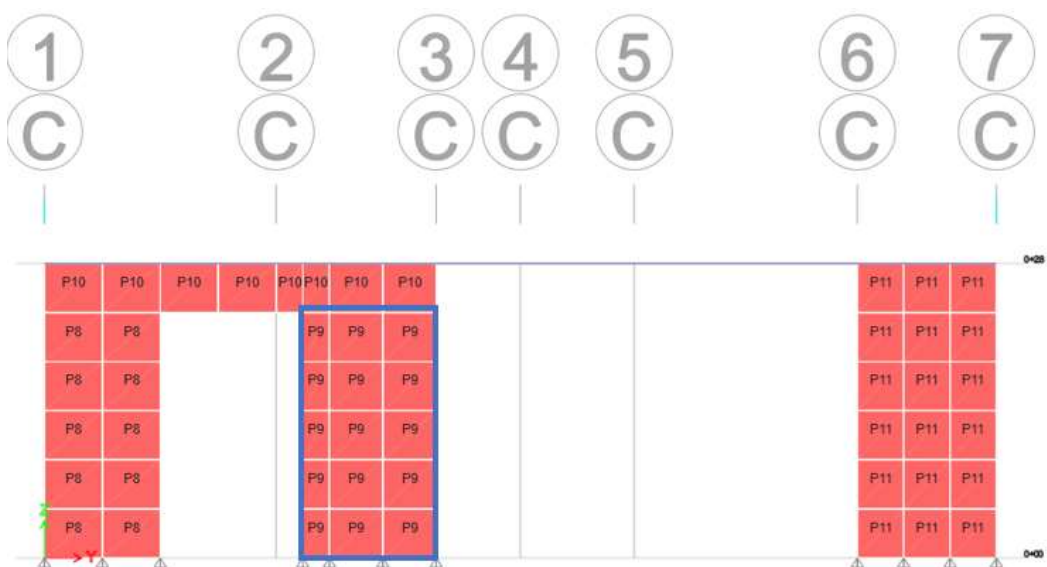
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 17. Muro C, Pier 8



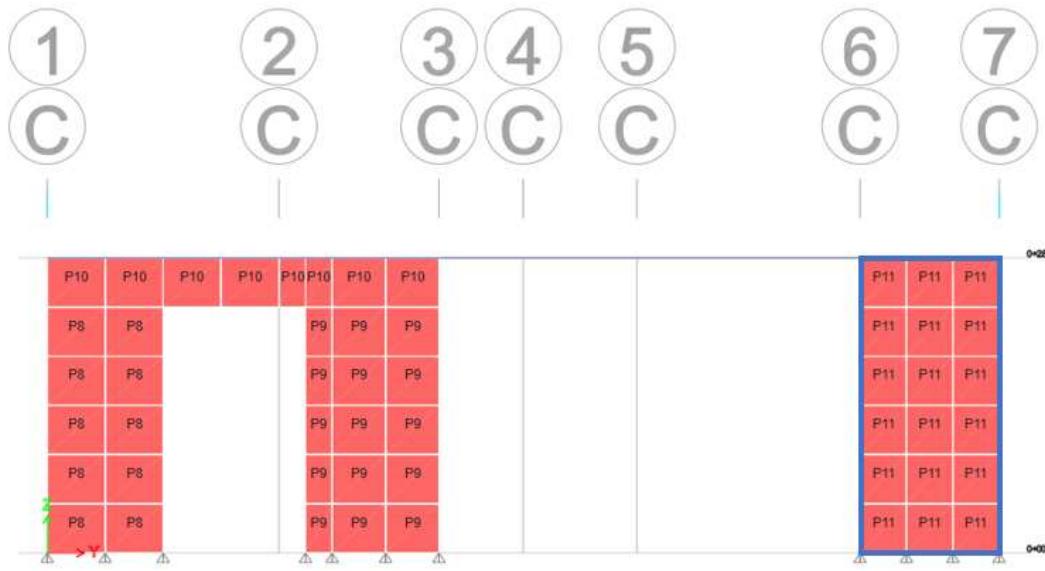
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 18. Muro C, Pier 9



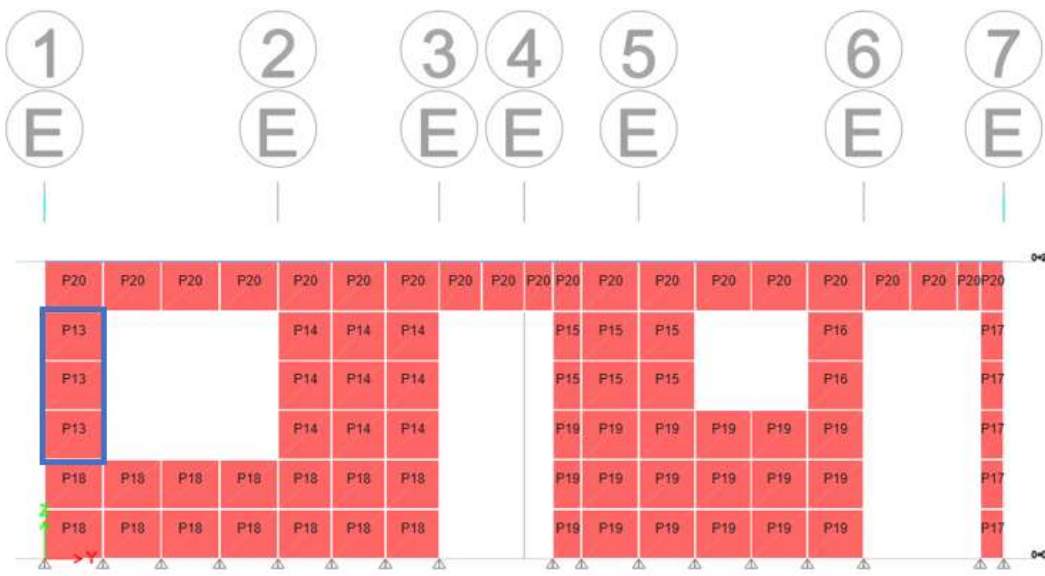
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 19. Muro C, Pier 11



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 20. Muro E, Pier 13



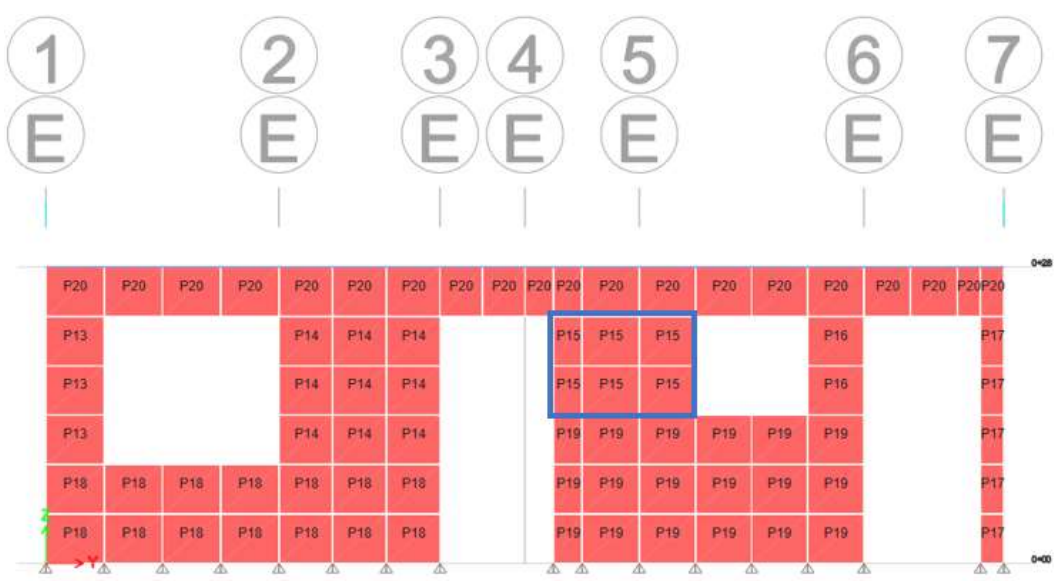
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 21. Muro E, Pier 14



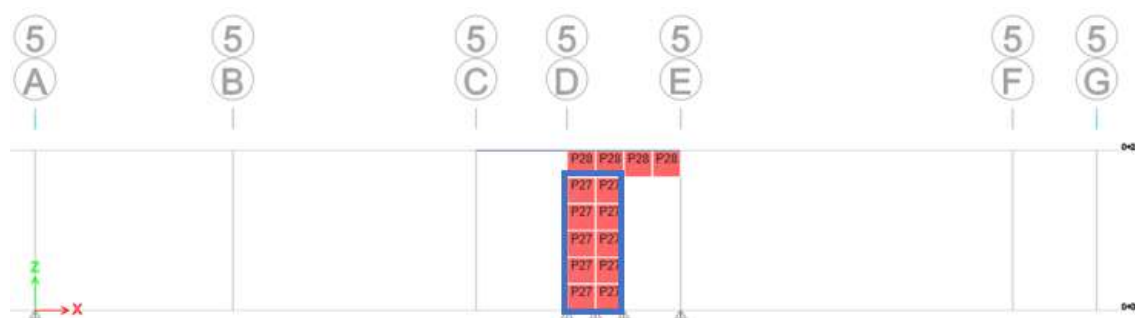
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 22. Muro 15, Pier 15



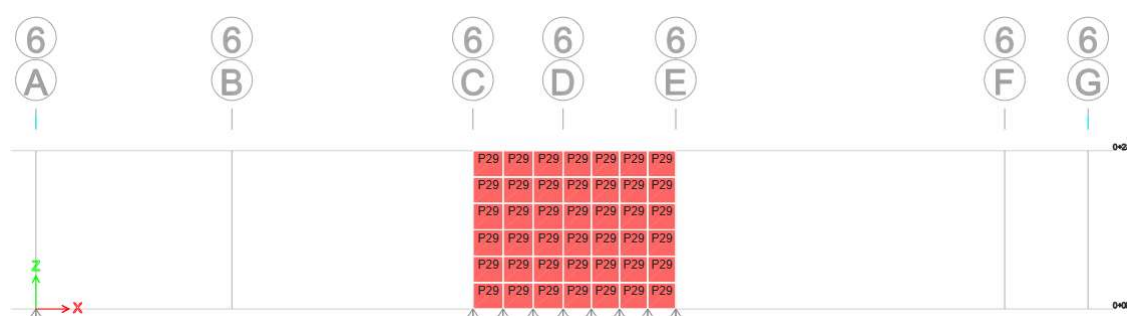
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 26. Muro 5, Pier 27



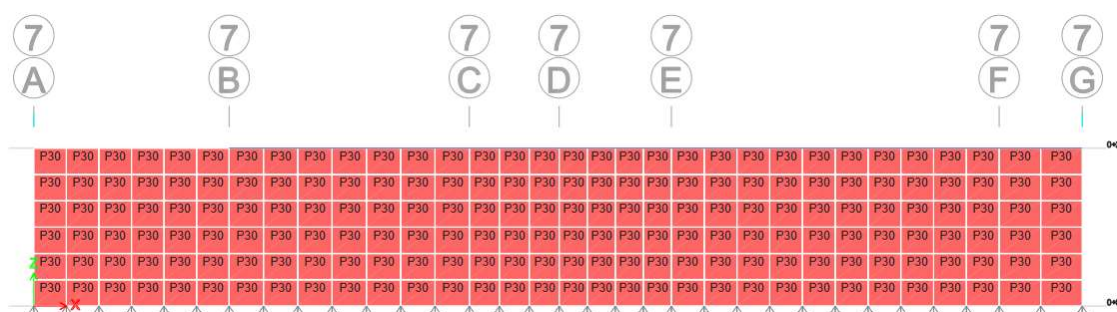
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 27. Muro 6



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

Figura 28. Muro 7



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021). Obtenido de ETABS.

3.1.9. Diseño estructural

Una vez obtenidos los valores correspondientes a las cargas últimas de diseño de todos los elementos seleccionados para el estudio, se procede a la aplicación de las ecuaciones de diseño que correspondan bajo los lineamientos de ambas versiones de la normativa.

Se cuenta con hojas de cálculo programadas del *software* para proceso de datos Microsoft Excel con todo el procedimiento de cálculo con las ecuaciones de diseño estructural de mampostería bajo los lineamientos del CSCR2010/14 y los de la próxima versión por entrar en vigor.

3.1.9.1. Requisitos para el diseño

Para el diseño por cortante, flexión y axial de muros, primero, se deben establecer los siguientes lineamientos básicos comunes entre ambas versiones de la norma:

Acero de refuerzo vertical para muros de corte

- Debe ser como mínimo varilla #3 y la separación máxima es de 80 cm.
- El máximo tamaño de refuerzo vertical permitido debe ser el menor de: un octavo del espesor nominal del bloque, la cuarta parte de la dimensión más pequeña de la celda o varilla #9.
- El acero mínimo no debe ser menor que 0,0007 veces el área bruta del muro.
- La separación máxima del refuerzo permitida debe ser el menor de: la tercera parte del largo del elemento, la tercera parte de la altura del elemento u 80 cm.

Acero de refuerzo horizontal para muros de corte

- Debe ser como mínimo varilla #3 y la separación máxima es de 60 cm.
- El máximo tamaño de refuerzo horizontal sin uso de viga-bloque es de varilla #3. Si se usa viga-bloque el tamaño máximo de refuerzo horizontal es varilla #9.
- El acero mínimo no debe ser menor que 0,0007 veces el área bruta del muro.
- La separación máxima del refuerzo permitida debe ser el menor de: la tercera parte del largo del elemento, la tercera parte de la altura del elemento u 80 cm.

Acero de refuerzo para muros de corte

- La suma de las áreas del refuerzo vertical y horizontal no debe ser menor que 0,002 veces el área bruta del muro.

Propuesta inicial de acero de refuerzo

- Revisión de separación máxima permisible para los refuerzos verticales y horizontales.
- Revisión del calibre de varilla máximo permitido para refuerzo vertical.
- Propuesta de acero de refuerzo vertical y horizontal con la varilla mínima permitida (varilla #3).
- Propuesta de separación máxima permisible vertical y horizontal modulada a las distancias que se pueden lograr por la geometría de los bloques de mampostería (20, 40, 60 u 80 cm).

3.1.9.2. Diseño por carga cortante

En la tabla 5, se presentan los cambios detectados que tienen implicación sobre la capacidad nominal con ambas versiones de la norma. Sin embargo, se detalla el procedimiento de cálculo al que son sometidos los muros para calcular su capacidad nominal al cortante:

- Cálculo de la contribución de la mampostería a la capacidad nominal al cortante del muro.
- Cálculo de la contribución del acero de refuerzo a la capacidad nominal al cortante del muro.
- Cálculo de la capacidad nominal reducida al cortante del muro.
- Revisión del cumplimiento de la capacidad mínima requerida al cortante del muro.
- Revisión del cumplimiento de los límites de fuerza cortante.
- Solo para el procedimiento bajo los lineamientos de la futura versión del CSCR: cálculo y revisión de la capacidad nominal por fricción en la base del muro.

3.1.9.3. Diseño por momento flexionante

Tabla 14. *Diferencias entre códigos para el diseño a flexión y carga axial*

Lineamiento	CSCR2010/14	Nuevo CSCR
	Mampostería tipo	
	A: $0,60 \leq \phi \leq 0,80$	
Factor de reducción, ϕ	$\phi = 0,80 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$	$\phi = 0,85$
	B: $0,55 \leq \phi \leq 0,75$	
	$\phi = 0,75 - \frac{1,5P_u}{A_e f'_m}$	

Fuente: CSCR (2021).

El procedimiento de cálculo para flexión no sufrió ningún cambio. Únicamente, se percibe un cambio en el factor de reducción a implementar para calcular la capacidad nominal. Por lo anterior, para ambas versiones de la norma, se sigue el siguiente procedimiento de cálculo:

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{t l_w f'_m} \quad [\text{Ecuación 9-36 CSCR2010/14}]$$

$$\beta = \frac{P_n}{t l_w f'_m} \quad [\text{Ecuación 9-37 CSCR2010/14}]$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{\alpha + \beta}{2\alpha + 0,72} \quad [\text{Ecuación 9-35 CSCR2010/14}]$$

$$M_n = \frac{A_s f_y l_w}{2} \left(1 + \frac{P_n}{A_s f_y} \right) \left(1 - \frac{c}{l_w} \right) \quad [\text{Ecuación 9-34 CSCR2010/14}]$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

3.1.9.4. Diseño por carga axial

Igual a lo que sucedió para el cálculo de la capacidad por momento flexionante en el inciso anterior, el único cambio considerado para el cálculo de la capacidad a carga axial solo se observa en el factor de reducción, el cual es el mismo que aplica para flexión indicada en la tabla 15.

El procedimiento de cálculo para la capacidad al momento flexionante para ambas versiones de la norma es el presentado a continuación:

$$A_e = A_g - A_{\text{celdas vacios}}$$

Área efectiva del muro, cm²

$$\% \text{relleno del muro} = \frac{A_e}{A_g} 100$$

% relleno del muro

$$I = \frac{l_w t^3}{12} * \% \text{relleno del muro}$$

Inercia débil del muro, cm⁴

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_e}}$$

Radio de giro

Para $h/r < 99$:

$$P_n = 0,80 [0,85 f'_m (A_e - A_s) + f_y A_s] \left[1 - \left(\frac{h}{140r} \right)^2 \right] \quad [\text{Ecuación 9-19 CSCR2010/14}]$$

Para $h/r \geq 99$:

[Ecuación 9-20 CSCR2010/14]

$$P_n = 0,80 [0,85 f'_m (A_e - A_s) + f_y A_s] \left(\frac{70r}{h} \right)^2$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

3.2. Categorías de análisis de la investigación

Tabla 15. *Categorías de análisis de la investigación*

Objetivo específico	VARIABLES INDEPENDIENTES	HERRAMIENTA UTILIZAR	PARA	VARIABLES DEPENDIENTES
Realizar el análisis sísmico de una vivienda de mampostería de dos niveles utilizando el método estático y dinámico.	Comportamiento sísmico ante el evento de una vivienda de mampostería de dos niveles.	ETABS EXCEL	determinar desplazamientos y hojas de cálculo programadas para el cálculo de cargas permanentes, sísmicas, coeficiente sísmico, cortante basal y derivas.	Geometría de la estructura, cargas permanentes, temporales y sísmicas, tipo de sitio de cimentación, zona sísmica y ductilidad asignada.
Diseñar los distintos elementos de mampostería sometidos a las cargas de diseño aplicando los lineamientos del CSCR2010/14 y la próxima versión a entrar en vigor.	Comportamiento estructural por capacidad nominal de cada tipo de elemento.	Hojas de cálculo EXCEL	programadas con los procedimientos para cálculo de capacidad nominal a flexión, cortante, y axial.	Cargas últimas de diseño, características de resistencia de los materiales, geometría de los bloques de concreto, uso o no uso de viga-bloque y cantidad de acero de refuerzo.

Objetivo específico	Variables independientes	Herramienta utilizar	por Variables dependientes
Identificar los elementos críticos en una vivienda de mampostería de dos niveles.	Cargas últimas de diseño más críticas.	ETABS para extraer las cargas últimas para el diseño de los elementos que tengan condiciones desfavorables.	Muros de mampostería con geometría desfavorable o con buques cercanos de puertas y/o ventanas.
Comparar cuantitativamente los parámetros de diseño entre los lineamientos actuales y los futuros del CSCR para identificar la magnitud del impacto de la próxima versión.	Variación en capacidad y porcentual por la aplicación de los lineamientos entre ambas versiones de la norma.	Hojas de cálculo EXCEL programadas para realizar la comparación.	Propuesta de acero de refuerzo.

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1.Comparativa de análisis sísmico: estático vs. dinámico

Por el tipo de estructura, es de esperarse que ambos métodos arrojen resultados similares y que, a razón de esto, se pueda verificar que el comportamiento sísmico real de la estructura es el obtenido por medio de cualquiera de los métodos de análisis.

Tabla 16. Análisis estático vs. dinámico

	Método estático	Método dinámico	Diferencia
Tx (s)	0,0613	0,0510	20,2%
Ty (s)	0,1297	0,1170	10,8%
Masa SX	100%	84,10%	18,9%
Masa SY	100%	95,38%	4,8%
Vx (Kgf)	41.868,43	31.046,41	34,9%
Vy (Kgf)	66.417,03	57.841,47	14,8%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Al diseñar para un escenario elástico, corresponde que los valores de periodo de diseño se encuentren cerca o sobre el plató del gráfico del espectro correspondiente. Esto es evidente y acertado en el caso del análisis con ambos métodos para el sismo en sentido Y al haber obtenido que el periodo de diseño se encuentra cerca de este rango (entre 0,125 y 0,600 para S3 en zona ZIII y ductilidad 1).

En la tabla 16, se muestran los resultados obtenidos del comparativo entre los análisis sísmicos estático y dinámico. Se observa que, para el análisis dinámico, la masa participativa se reduce casi un 19% en el sentido X y que el periodo resultante se reduce 20%, mientras, en el sentido Y la masa participativa baja cerca de un 5% y el periodo de la estructura resultante por el sismo es casi un 11% menor. Debido a la combinación del periodo de la estructura y la masa participativa, se espera que el cortante basal resultante para el sismo en X se reduzca entre un 30% a un 40%, y en Y se reduzca entre un 10% a un 20%. Los resultados obtenidos son congruentes con los resultados esperados.

Con base en lo anterior, se toman, para el diseño estructural, los valores de carga última obtenidos con el modelo implementado para el método dinámico, ya que éste, por consecuencia

de verse sometido a un menor cortante basal, arroja valores menores de cargas a las que están sometidos los elementos.

Se analizan los muros identificados como críticos y se procede al diseño y a la revisión de capacidad de los segmentos de muros seleccionados para el diseño con la propuesta de acero vertical y horizontal mínima que es permitida aplicando los lineamientos de cada versión de la norma correspondientes por refuerzo para muros con cargas paralelas a su plano.

En el anexo D, se podrá encontrar una memoria de cálculo detallada de los muros considerados.

4.2.Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1

La relación de aspecto, h/l, es un indicador para poder clasificar estructuralmente el modo de falla esperado y, como consecuencia, el tipo de refuerzo que es protagonista en el cálculo del aporte a la capacidad del elemento, siendo en el caso de aquellos con relación h/l mayor que 1, que el acero de refuerzo vertical sea el refuerzo que aporta a la resistencia debido a que la tendencia es que, en estos elementos, el modo de falla dominante sea la flexión.

Tabla 17. Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1

	Muro A, Pier 1	Muro A, Pier 2	Muro B, Pier 5	Muro B, Pier 6	Muro C, Pier 8
Relación de aspecto, h/l	1.30	1.30	2.39	2.39	1.67
Longitud del muro, lm (m)	0.92	0.92	0.92	0.92	1.32
Altura del muro, hm (m)	1.20	1.20	2.20	2.20	2.20
Área del muro, A (m²)	1.10	1.10	2.02	2.02	2.90
Pu (Tonf)	1.21	0.14	3.89	9.31	7.72
Vu (Tonf)	1.02	1.12	1.81	2.59	5.04
Mu (Tonf-m)	0.84	0.68	2.70	2.59	3.76
Smax (cm)	30.67	30.67	30.67	30.67	44.00
Propuesta de refuerzo vertical	#3@20cm	#3@20cm	#3@20cm	#3@20cm	#4@40cm
Propuesta de refuerzo horizontal	#3@20cm	#3@20cm	#3@20cm	#3@20cm	#3@40cm
% Muro relleno	100%	100%	100%	100%	76%

	Muro C, Pier 9	Muro C, Pier 11	Muro E, Pier 13	Muro 2, Pier 22	Muro 5, Pier 27
Relación de aspecto, h/l	1.83	1.81	1.30	1.63	2.75
Longitud del muro, lm (m)	1.20	1.44	0.92	1.60	0.80
Altura del muro, hm (m)	2.20	2.60	1.20	2.60	2.20
Pu (Tonf)	14.47	2.42	4.90	16.91	3.79
Vu (Tonf)	6.53	8.24	3.77	6.12	3.38
Mu (Tonf-m)	5.68	3.81	0.62	14.14	1.31
Smax (cm)	40.00	48.00	30.67	53.33	26.67
Propuesta de refuerzo vertical	<u>#4@40cm</u>	<u>#3@40cm</u>	<u>#3@20cm</u>	<u>#3@40cm</u>	<u>#3@20cm</u>
Propuesta de refuerzo horizontal	<u>#3@40cm</u>	<u>#3@40cm</u>	<u>#3@20cm</u>	<u>#3@40cm</u>	<u>#3@20cm</u>
% Muro relleno	76%	76%	100%	76%	100%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

En todos los segmentos de muro diseñados con estas características, se determinó que el acero de refuerzo de varilla #3, en ambos sentidos distanciado a la máxima separación permisible por norma dentro de la modulación de la mampostería, es suficiente para soportar las cargas a las que están sometidos los elementos.

La altura y la longitud del muro tienen un impacto directo sobre la separación máxima permisible por norma. Por esto, al considerar segmentos de muros con geometrías pequeñas, es la separación máxima permisible el factor que rige el diseño del acero de refuerzo, siendo que, en la mayoría de los casos, al no permitir una separación mayor que 30 cm, se deba proponer una separación para los refuerzos verticales y horizontales de 20 cm, y como consecuencia, el muro se encuentra completamente relleno.

Los muros que tienen algunos de estos parámetros (altura o longitud) de mayor tamaño son los que permiten el distanciamiento mayor entre los refuerzos y un porcentaje menor de relleno del muro. En estos casos, el refuerzo vertical mínimo por colocar para cumplir lo que establece el CSCR para refuerzo de zonas donde se encuentren buques de puertas o ventanas es de 1#4 o 2#3. Se toma la opción de 1#4@40cm, ya que esto implica menor % de relleno del muro y cantidad de varillas, lo que reduce la cantidad de materiales por utilizar para el segmento. Los pier 11 y 22 se encuentran exentos de la limitante anterior, pues son muros aislados sin buques de puertas o ventanas.

4.3.Segmentos de muro con relación h/l menor a 1.

En el caso de aquellos pier en estudio con relación h/l menor que 1, aun cuando la teoría indica que se consideran dominados por cortante, cuando esta relación es inferior a 0,25, se consideran prácticamente dominados por cortante, siendo el acero de refuerzo horizontal el elemento que puede controlar la capacidad resultante del elemento.

Tabla 18. *Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1.*

	Muro E, Pier 14	Muro E, Pier 15	Muro E, Pier 16
Relación de aspecto, h/l	0.70	0.50	0.75
Longitud del muro, lm (m)	1.72	1.20	0.80
Altura del muro, hm (m)	1.20	0.60	0.60
Área del muro, A (m²)	2.06	0.72	0.48
Pu (Tonf)	16.15	13.02	3.02
Vu (Tonf)	10.12	11.56	3.58
Mu (Tonf-m)	7.55	3.35	1.38
Smax (cm)	40.00	20.00	20.00
Propuesta de refuerzo vertical	<u>#4@40cm</u>	<u>#3@20cm</u>	<u>#3@20cm</u>
Propuesta de refuerzo horizontal	<u>#3@20cm</u>	<u>#3@20cm</u>	<u>#3@20cm</u>
% Muro relleno	76%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

4.3.1. Pier 14

Éste es el primero de los elementos en estudio en el que la varilla mínima de refuerzo horizontal a la distancia máxima permisible por norma (#3@40cm) es insuficiente para alcanzar la capacidad mínima requerida al cortante bajo los lineamientos del CSCR2010/14. Sin embargo, bajo los nuevos lineamientos, la capacidad resultante es suficiente con la propuesta mínima.

Los valores de capacidad obtenidos con la propuesta de varilla mínima a la separación máxima permisible (#3@40cm) cumpliendo bajo los nuevos lineamientos del CSCR se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. *Diseño estructural a cortante Pier 14 con refuerzo horizontal #3@40cm con ambas versiones de la norma*

	CSCR2010/14		Nuevo CSCR	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	6.73		10.77	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	7.38		18.52	
γg	n/a		0.75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	14.11		21.97	
Factor de reducción, ϕ	0.60		0.70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	8.47		15.38	
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	4.04	47.71%	5.66	36.78%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	4.43	52.29%	9.72	63.22%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Bajo estas condiciones de refuerzo horizontal, el método de diseño implementado aplicando los lineamientos del CSCR2010/14 es insuficiente para superar la solicitud que se le está haciendo al elemento, sin embargo, es suficiente cuando se implementan las ecuaciones de diseño del nuevo CSCR.

Se cambia la propuesta de acero de refuerzo horizontal a una separación menor para cumplir con la capacidad por cortante con las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con una propuesta de acero horizontal de #3@20cm.

Tabla 20. *Diseño estructural a cortante Pier 14 con refuerzo horizontal #3@20cm con ambas versiones de la norma*

	CSCR2010/14		Nuevo CSCR	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26.93		43.10	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	7.38		18.52	
γg	n/a		0.75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	34.31		46.21	
Factor de reducción, ϕ	0.60		0.70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	20.59		32.35	
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	16.16	78.50%	22.63	69.94%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	4.43	21.50%	9.72	30.06%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

A razón de que la propuesta de acero de refuerzo vertical no varía con respecto a lo considerado antes para el mismo segmento de muro, y que es éste el refuerzo que aporta capacidad a cargas axial y flexión, factor de reducción para cargas axial y flexión no varía entre la propuesta inicial para el refuerzo horizontal y la final. Para este caso, se cumple perfectamente la capacidad a flexión y axial aplicando el refuerzo mínimo dentro de la separación máxima, considerando varilla #4 por tratarse de un muro continuo a buques de puerta y ventana, tal como se detalla en la figura 22.

Bajo este escenario, se observa que, bajo los nuevos lineamientos para el diseño a cortante de mampostería, se está incurriendo en un sobrediseño, determinando que, con la propuesta final de acero de refuerzo horizontal, se consigue más del doble de la capacidad calculada al haber distanciado el refuerzo 20 cm en lugar de 40 cm. Mientras tanto, para el diseño bajo los lineamientos del CSCR2010/14, se requiere esta última propuesta de separación para el refuerzo horizontal para poder tener la capacidad requerida.

4.3.2. Pier 15

Tabla 21. *Diseño estructural a cortante Pier 15 con refuerzo horizontal 1#3@20cm con ambas versiones de la norma*

	CSCR2010/14		Nuevo CSCR	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	6.73		10.77	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	5.60		16.95	
γ_g	n/a		1.00	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	12.33		27.72	
Factor de reducción, ϕ	0.60		0.70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	7.40		19.41	
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕV_s (Tonf)	4.04	54.60%	7.54	38.86%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕV_m (Tonf)	3.36	45.40%	11.86	61.14%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

La capacidad al cortante de este segmento de muro considerando el máximo refuerzo horizontal (2#3@20cm) posible calculada con las ecuaciones del CSCR2010/14 no es suficiente para superar la carga última cortante de diseño. Por lo tanto, se requiere aumentar la varilla de refuerzo horizontal para lo que se requiere el uso de viga-bloque y aumentar así su capacidad nominal al cortante aportado por el acero de refuerzo. Se observa que lo anterior solo sucede con la aplicación de los lineamientos del CSCR2010/14, ya que la capacidad calculada con la propuesta

de acero mínimo para la nueva versión de la norma tiene la capacidad suficiente para soportar la carga última de diseño.

4.3.3. Pier 16

A pesar de que para el pier considerado se espera el dominio de la fuerza cortante por su naturaleza geométrica, se consigue que, con la propuesta mínima permitida cumpliendo cuantías mínimas y separaciones máximas permisibles para el refuerzo, tanto vertical, como horizontal, resulta suficiente para soportar las cargas últimas de diseño.

4.4. Muros de corte sin buques de puertas o ventanas

A razón de que las estructuras de mampostería usualmente son diseñadas con el acero mínimo permitido por norma, se diseñan los muros presentados en la tabla 22 a modo de confirmación de esta hipótesis y de verificar, de manera posterior, el impacto de los nuevos lineamientos del CSCR en este escenario “no crítico”.

Para poder conseguir el distanciamiento máximo permitido del acero de refuerzo, se requiere que, al menos, una de las características geométricas del muro (longitud o altura) sea igual o mayor que 2,40 m.

Tabla 22. Muros de corte sin buques de puertas o ventanas

	Muro 3	Muro 6	Muro 7
Relación de aspecto, h/l	0,72	0,72	0,14
Longitud del muro, lm (m)	3.60	3.60	18.68
Altura del muro, hm (m)	2.60	2.60	2.60
Área del muro, A (m²)	9,36	9,36	48,57
Pu (Tonf)	29.71	16.55	16.55
Vu (Tonf)	14.84	7.51	7.51
Mu (Tonf-m)	15.45	12.08	12.08
Smax (cm)	80.00	80.00	80.00
Propuesta de refuerzo vertical	#4@80cm	#4@80cm	#4@80cm
Propuesta de refuerzo horizontal	#3@60cm	#3@80cm	#3@80cm
% Muro relleno	64%	64%	64%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Para los tres muros considerados, el acero mínimo para cumplir las cuantías mínimas por norma en una y dos direcciones es el factor que determina la cantidad de refuerzo mínima por proponer para el diseño.

4.5. Razón demanda/capacidad al cortante

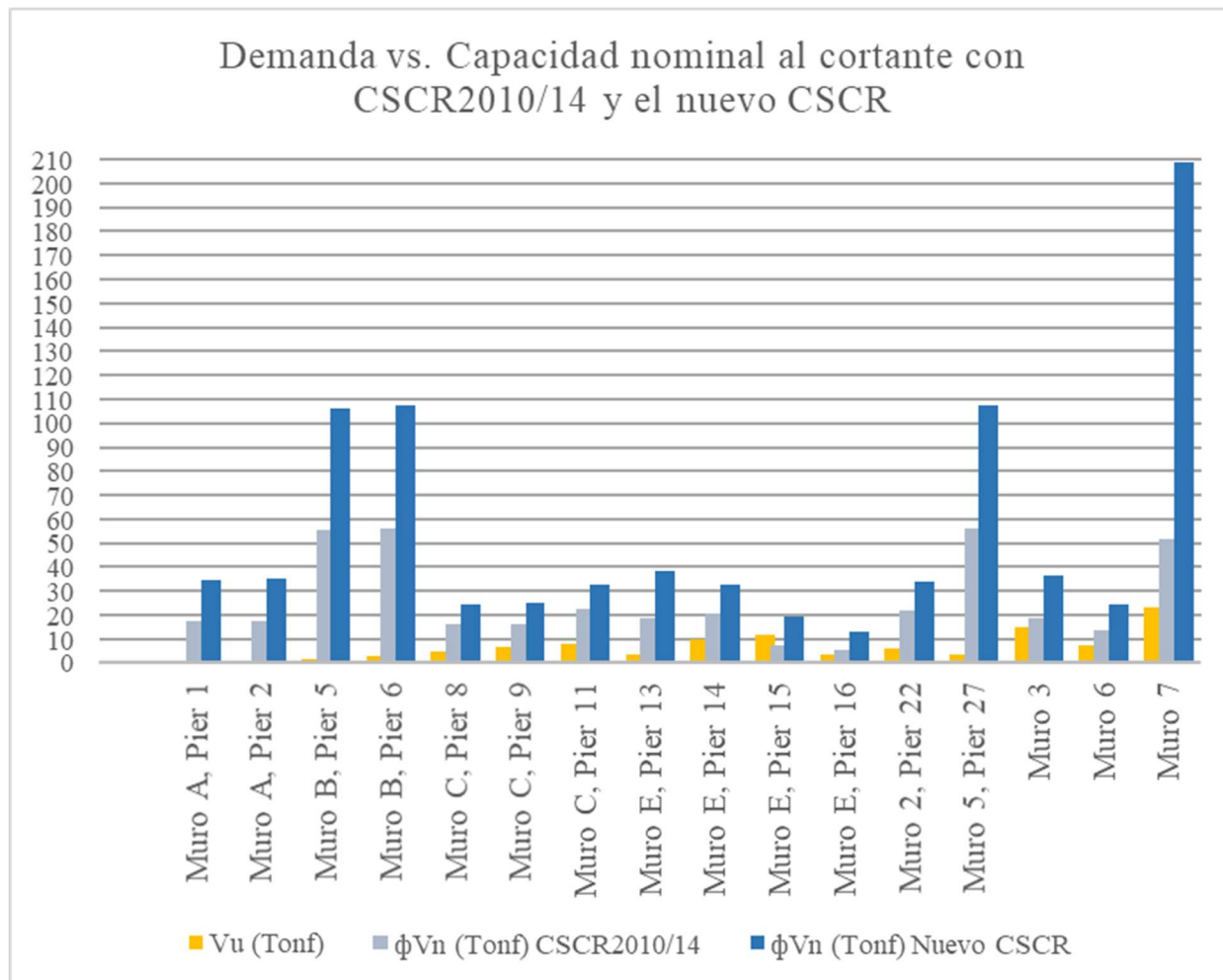
Con el objetivo de determinar cuál es el impacto de los cambios en las ecuaciones de diseño para la nueva versión del CSCR con respecto al CSCR2010/14, se elabora una tabla comparativa de demanda vs capacidad nominal al cortante, y se revisa la razón demanda/capacidad para todos los piers y muros en estudio.

Tabla 23. *Demanda y capacidad nominal al cortante con la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 y las del nuevo CSCR*

Elemento	Vu (Tonf)	ϕV_n (Tonf) CSCR2010/14	ϕV_n (Tonf) Nuevo CSCR
Muro A, Pier 1	1.02	17.48	34.80
Muro A, Pier 2	1.12	17.68	35.51
Muro B, Pier 5	1.81	55.78	106.46
Muro B, Pier 6	2.59	56.06	107.33
Muro C, Pier 8	5.04	16.44	24.63
Muro C, Pier 9	6.53	16.31	24.75
Muro C, Pier 11	8.24	22.22	32.42
Muro E, Pier 13	3.77	18.47	38.18
Muro E, Pier 14	10.12	20.59	32.35
Muro E, Pier 15	11.56	7.40	19.41
Muro E, Pier 16	3.58	5.65	13.18
Muro 2, Pier 22	6.12	22.19	34.08
Muro 5, Pier 27	3.38	55.96	107.13
Muro 3	14.84	18.47	36.56
Muro 6	7.51	13.36	24.29
Muro 7	23.41	51.37	208.63

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Figura 29. Demanda vs. capacidad nominal al cortante con la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 y las del nuevo CSCR



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Para todos los casos excepto por el pier 15, la capacidad nominal al cortante es mayor que la demanda con la aplicación de ambas versiones de la norma, siendo las ecuaciones de diseño del nuevo CSCR las que arrojan valores de capacidad bastante mayores con la misma propuesta de acero de refuerzo con respecto al CSCR2010/14.

Tabla 24. Razón demanda/capacidad al cortante con la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 y las del nuevo CSCR

Elemento	$Vu/\phi Vn$ CSCR2010/14	$Vu/\phi Vn$ Nuevo CSCR
Muro A, Pier 1	0.06	0.03
Muro A, Pier 2	0.06	0.03
Muro B, Pier 5	0.03	0.02
Muro B, Pier 6	0.05	0.02
Muro C, Pier 8	0.31	0.20
Muro C, Pier 9	0.40	0.26
Muro C, Pier 11	0.37	0.25
Muro E, Pier 13	0.20	0.10
Muro E, Pier 14	0.49	0.31
Muro E, Pier 15	1.56	0.60
Muro E, Pier 16	0.63	0.27
Muro 2, Pier 22	0.28	0.18
Muro 5, Pier 27	0.06	0.03
Muro 3	0.80	0.41
Muro 6	0.56	0.31
Muro 7	0.46	0.11

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Lo anterior se vuelve más evidente cuando se determina la razón de demanda/capacidad al cortante de todos los elementos en estudio. Siendo el caso que, con excepción del pier 15 donde con la metodología del CSCR2010/14 no se logró la capacidad, en todos los elementos en estudio la relación es inferior a 1, por lo tanto, la capacidad es mayor que la demanda.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Partiendo de la selección del método de análisis sísmico que mejor se adapta al comportamiento real de la estructura ante el sismo, se continúa con el procesamiento de los valores de cargas últimas obtenidas por la aplicación de las diferentes combinaciones y se muestra porcentualmente el impacto derivado desde la aplicación de los nuevos lineamientos para el diseño estructural con mampostería. Especialmente, cómo es la variación entre ambas versiones de la norma a nivel de la capacidad a cortante de la contribución de la mampostería y del acero de refuerzo en el diseño de los segmentos de muros encontrados en condiciones donde se esperan cargas más críticas por su geometría y ubicación dentro de los paños de paredes considerados.

El método de análisis sísmico estático considera el 100% de la masa sísmica de la estructura, mientras que el dinámico determina cuál es realmente la masa sísmica participativa en su análisis modal, obteniendo así una menor demanda sísmica y valores más precisos al comportamiento de los elementos del sistema sismorresistente y su capacidad requerida. Al recurrir al método de análisis sísmico dinámico, se consiguen cargas últimas para el diseño estructural más adecuadas y, por consiguiente, no se recurre al sobrediseño de los elementos del sistema sismorresistente.

5.1.Segmentos de muro con relación h/l mayor a 1

Tabla 25. Variación porcentual en la capacidad de los segmentos de muro con relación h/l mayor a 1 con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14

	Muro A, Pier 1	Muro A, Pier 2	Muro B, Pier 5	Muro B, Pier 6	Muro C, Pier 8
	Variación				
Factor de reducción para axial y flexión, ϕ	7.82%	6.11%	12.11%	20.76%	17.23%
Factor de reducción, ϕ	14.29%	14.29%	14.29%	14.29%	14.29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	49.75%	50.20%	47.60%	47.77%	33.24%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕV_s (Tonf)	-6.61%	-7.58%	-2.24%	-2.57%	-6.99%
Capacidad nominal cortante reducido de la mampostería, ϕV_m (Tonf)	43.09%	42.82%	44.92%	43.95%	23.65%
	Variación				
	Muro C, Pier 9	Muro C, Pier 11	Muro E, Pier 13	Muro 2, Pier 22	Muro 5, Pier 27
Factor de reducción para axial y flexión, ϕ	29.28%	9.14%	13.72%	26.38%	12.86%
Factor de reducción, ϕ	14.29%	14.29%	14.29%	14.29%	14.29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	34.12%	31.46%	51.63%	34.89%	47.76%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕV_s (Tonf)	-8.41%	-4.22%	-10.75%	-9.70%	-2.55%
Capacidad nominal cortante reducido de la mampostería, ϕV_m (Tonf)	27.85%	19.08%	40.51%	34.23%	45.17%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Se observa que, en todos los muros que se encuentran completamente rellenos, en vista de que, para el CSCR2010/14, el factor de reducción para cargas de axial y flexión se encuentra en función de la carga axial última y el área efectiva del muro (en los muros completamente rellenos el área efectiva será igual al área bruta del muro), existe una tendencia de que, cuanto mayor sea la carga axial última de diseño, mayor es el porcentaje de diferencia con respecto al factor de

reducción de la nueva versión del CSCR para axial y flexión, ya que este último es un valor fijo (0,85) y en todos los casos resulta mayor con la aplicación de los nuevos lineamientos, consiguiendo así una capacidad resultante aun mayor de la necesaria y de la calculada bajo los lineamientos del CSCR2010/14. Cuando el muro se encuentra parcialmente relleno, la tendencia continúa, sin embargo, se encuentran porcentajes de variación mayores entre ambas versiones de la norma para el factor de reducción a aplicar.

A nivel de capacidad al cortante, se observa que, a pesar de que se esperaba que el acero de refuerzo aumentara la capacidad que aporta a ésta por tener un factor menor bajo los nuevos lineamientos del CSCR, cuando el acero horizontal no se encuentra completamente embebido en la sisa (sin uso de viga-bloque), en todos los casos, el porcentaje de contribución a la capacidad final ya reducida disminuye, mientras que la contribución de la mampostería aumenta.

5.2.Segmentos de muro con relación h/l menor a 1

Tabla 26. *Variación porcentual en la capacidad de los segmentos de muro con relación h/l menor a 1 con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14*

	Muro E, Pier 14	Muro E, Pier 15	Muro E, Pier 16
	Variación		
Factor de reducción para axial y flexión, ϕ	24.10%	21.84%	11.43%
Factor de reducción, ϕ	14.29%	14.29%	14.29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	36.36%	61.87%	57.15%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕV_s (Tonf)	-12.23%	-40.50%	-25.01%
Capacidad nominal cortante reducido de la mampostería, ϕV_m (Tonf)	28.46%	25.74%	33.48%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Se observa que los porcentajes de variación del factor de reducción de fuerzas axial y flexión continúan la misma tendencia descrita para piers con relación h/l mayores a 1, lo cual se considera normal, pues, para estos casos, es únicamente el acero de refuerzo vertical y no el horizontal que tiene participación en la capacidad y el mínimo refuerzo a la máxima distancia es suficiente para soportar las cargas a las que se somete el elemento.

5.2.1. Pier 14

Tomando la propuesta final para el refuerzo horizontal, se observa que, para el cálculo de capacidad a cortante, aun cuando se requiere de más que la varilla mínima permitida a la distancia máxima permisible por norma para cumplir capacidad con la aplicación del CSCR2010/14, el comportamiento a nivel de porcentaje de variación no es aún tan diferente a lo que sucede con los piers de relación h/l mayores a 1.

Tabla 27. Variación de la propuesta de acero de refuerzo para el pier 14 con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14

	Propuesta de acero de refuerzo		
	Vertical	Horizontal	Total
CSCR2010/14	#4@40cm 5.45 cm ²	#3@20cm 4.28 cm ²	9.73 cm ²
Futuro CSCR	#4@40cm 5.45 cm ²	#3@40cm 2.14 cm ²	7.59 cm ²
Variación	0.00%	-50.00%	-21.99%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Al conseguir que, con la aplicación de los nuevos lineamientos para la mampostería del Código Sísmico se reduce el área de acero de refuerzo horizontal requerido para cumplir la capacidad requerida para superar la demanda a la que está sometido el pier 14, se demuestra que se requiere menor cantidad de varillas y, por consiguiente, se optimiza el diseño de la propuesta de acero con la aplicación de los nuevos lineamientos.

5.2.2. Pier 15

Se evidencia que la capacidad nominal al cortante calculada con el CSCR2010/14 no es suficiente para soportar la demanda y se requiere de mayor área de acero para cumplir. Mientras tanto, los nuevos lineamientos señalan que el refuerzo mínimo resulta suficiente. El aumentar el refuerzo equivaldría a sobrediseñar y, en consecuencia, a aumentar la cantidad de materiales.

Asimismo, aun cuando bajo el CSCR2010/14 no cumple capacidad, se observa que es el segmento de muro donde hay mayor impacto porcentual en el aporte que tiene el acero sobre la capacidad nominal reducida al cortante bajo el procedimiento de cálculo con los nuevos lineamientos.

5.2.3. Pier 16

Se observa que, a pesar de que se aplica el acero de refuerzo mínimo a la separación máxima tanto vertical como horizontalmente, los porcentajes de variación entre ambas versiones de la norma aumentan con respecto al comportamiento visto para piers con relación h/l mayores a 1.

5.3. Muros sometidos a cargas paralelas a su plano sin presencia de buques

Tabla 28. Variación porcentual en la capacidad de los muros sin buques de puertas o ventanas con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14

	Muro 3	Muro 6	Muro 7
	Variación		
Factor de reducción para axial y flexión, ϕ	24.94%	16.49%	13.35%
Factor de reducción, ϕ	14.29%	14.29%	14.29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	49.46%	42.11%	52.14%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕV_s (Tonf)	-41.34%	-23.39%	-49.23%
Capacidad nominal cortante reducido de la mampostería, ϕV_m (Tonf)	19.71%	15.63%	51.77%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Se observa que, para estos tipos de muros, se continúa la tendencia del factor de reducción para cargas axial y flexión, siendo el caso que, al implementar el acero mínimo, los porcentajes de variación de la aplicación de los cambios continúan en el mismo rango que se encuentran los piers estudiados.

El impacto se puede detectar claramente en el diseño a cortante de los muros, donde se evidencia que la participación del acero de refuerzo con la aplicación de los nuevos lineamientos del CSCR se reduce considerablemente cuando se estudian muros con alguno de sus parámetros geométricos mayores a 2,40 m, es decir, muros donde se puede implementar la separación máxima por norma del acero de refuerzo, tanto vertical, como horizontal. Asimismo, se observa que estos valores porcentuales de variación del acero se obtienen cuando el muro se encuentra dominado por fuerzas cortantes.

5.4. Razón demanda/capacidad al cortante

Casi todos los valores resultantes de esta razón que se detallan en la tabla 24 se encuentran por debajo de 0.5, donde los únicos 4 casos en los que esto no se cumple es en los pier 15, 16 y el muro 3, los cuales tienen en común que el modo de falla al que tienden es de cortante.

Tabla 29. Variación porcentual de la razón demanda/capacidad al cortante con la aplicación de los nuevos lineamientos respecto de los del CSCR2010//14

Elemento	Variación
Muro A, Pier 1	-99%
Muro A, Pier 2	-101%
Muro B, Pier 5	-91%
Muro B, Pier 6	-91%
Muro C, Pier 8	-50%
Muro C, Pier 9	-52%
Muro C, Pier 11	-46%
Muro E, Pier 13	-107%
Muro E, Pier 14	-57%
Muro E, Pier 15	-162%
Muro E, Pier 16	-133%
Muro 2, Pier 22	-54%
Muro 5, Pier 27	-91%
Muro 3	-98%
Muro 6	-82%
Muro 7	-306%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

El caso en el que se obtuvo una mayor variación en el aporte, tanto en el acero de refuerzo, como en el de la mampostería es el pier 15, donde en el diseño estructural se consiguió que fue el pier que se vio más impactado con la aplicación de los cambios a las ecuaciones de diseño al cortante de la nueva versión del CSCR. Esto se evidencia en que, sin considerar los el muro 7 que por su longitud requiere de mucho acero de refuerzo horizontal y, por consecuencia, se tiene una capacidad al cortante sumamente alta es el pier, en el cual el porcentaje de variación de la razón demanda/capacidad es mayor,. Asimismo, el de menor porcentaje de variación de la razón demanda/capacidad corresponde al pier 11, mismo que resultó en el pier con el menor impacto a

nivel de diseño nominal al cortante ya reducido entre la comparación de capacidad por ambas versiones del CSCR.

CONCLUSIONES

El uso de los dos métodos de análisis sísmico estático y dinámico permite verificar que las demandas obtenidas son adecuadas al realizar la comparación entre ellos y obtener diferencias por debajo del 30%. Asegurando esto, se podría seleccionar, para el diseño estructural, cualquiera de los métodos de análisis en vistas de que ambos se consideran aceptables.

El método dinámico se considera más preciso en casi cualquier caso de estudio, ya que el análisis modal considera tantos modos de oscilación para la estructura como se requieran, siendo éste el que calcula, en forma más precisa, el porcentaje de masa participativa y, de esta manera, el comportamiento sísmico correspondiente para la estructura para evitar el sobrediseño de los elementos que son parte del sistema sismorresistente.

Según el CSCR, el acero mínimo de refuerzo para muros de 0.0007 veces el área bruta de la sección en cada dirección, y 0.002 en suma del refuerzo en ambas direcciones, con configuración máxima de 80cm. En la mayoría de los muros sólidos de mampostería, esta cuantía mínima es la que rige el diseño. Cuando se consideran muros con buques de puertas o ventanas, en los que el análisis se debe hacer por segmentos, la geometría de éstos es finalmente la que rige el refuerzo mínimo por considerar, ya que está limitado por el distanciamiento máximo permitido. En estos segmentos, el diseño no está regido por el acero mínimo, sin embargo, sí lo está por la separación máxima permisible, por lo tanto, para todos los segmentos, se incrementó el acero vertical y horizontal. Este comportamiento es igual para ambas versiones de la norma, pues estos lineamientos no sufrieron modificaciones.

Todos los segmentos con una relación h/l mayor a 1 tienen un mecanismo de falla que no suele ser el de cortante, sino más bien de flexión. Por esto, la revisión del acero vertical es muy importante, sin embargo, en las revisiones realizadas en este trabajo, se determinó que el uso de la varilla mínima con la separación máxima permisible por el CSCR es suficiente para proveer la capacidad necesaria para soportar las demandas a flexión a las cuales está sometido cada elemento. Tanto el acero vertical, como el horizontal deben incrementarse con respecto a las cuantías mínimas para respetar los criterios de separación máxima indicados en la norma. Estos puntos descritos anteriormente rigen en ambas versiones de la norma, pues no hay cambios entre versiones.

El impacto de los cambios aplicados a este tipo de elementos (relación h/l mayor que 1) se consigue en que el acero de refuerzo reduce su aporte a la resistencia nominal al cortante entre un

rango de 2,55% a 10,75%. Siendo el caso de mayor impacto el que tiene una relación h/l menor y que se encuentre sometido a una carga última cortante mayor, y el caso de menor impacto donde la relación h/l es mayor, es decir, a medida en que la relación h/l es mayor, menor será el impacto de estos cambios de los nuevos lineamientos a nivel de cortante.

En los elementos con buques de puertas o ventanas y relación h/l inferior a 1, se consigue que el mecanismo que domina el diseño del acero de refuerzo horizontal bajo la aplicación de las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14 es la demanda al elemento, siendo el caso que son éstos los elementos donde se determinó que la varilla mínima permitida para refuerzo horizontal distanciado a la máxima separación permisible por geometría resulta insuficiente para soportar la demanda. Sin embargo, eso no sucede con la aplicación de las ecuaciones de diseño de la nueva versión de la norma, donde la varilla de refuerzo mínima horizontal resulta en la capacidad suficiente para soportar la demanda y, aun así, encontrarse que tiene aún más capacidad de la requerida.

Los muros sin aberturas encontrados en una vivienda suelen ser muros chatos, es decir, muros dominados por el cortante. Aun así, considerando muros en los que o su altura o longitud sean de al menos 2,40 m, se cumple que no es este mecanismo de falla el factor dominante en el diseño, sino que es la cuantía mínima requerida. El acero de refuerzo vertical cumple perfectamente con la propuesta de acero mínimo cumpliendo cuantía mínima y separación máxima permisible según el CSCR2010/14.

Para todos los elementos considerados para el diseño, con excepción del pier 15, la capacidad resultante se encuentra más del 60% por encima de la demanda cuando se aplican los nuevos lineamientos de diseño para cortante del próximo CSCR. Sin embargo, bajo la aplicación de los lineamientos del CSCR2010/14, existen muros que, aun cuando se diseñan con la misma propuesta de acero de refuerzo, la capacidad se encuentra en el peor de los casos apenas un 20% por encima de la demanda.

El criterio de clasificación “crítico” es determinado inicialmente porque el muro en consideración requiera más del acero mínimo de refuerzo permitido por norma haciendo la revisión de cuantías mínimas y separaciones máximas en cada sentido (vertical y horizontal). Sin embargo, finalizada la etapa de diseño estructural, se concluye que los elementos de mayor cuidado y que deben ser considerados como “críticos” por la repercusión que tiene en la capacidad al cortante la aplicación de los nuevos lineamientos para el diseño estructural de la mampostería son aquellos

donde la relación de aspecto h/l es inferior a 1 y que, además, se encuentren cerca de un buque de puerta o ventana.

Para todo escenario considerado en estudio en el presente trabajo de investigación, la aplicación de los lineamientos a la mampostería del nuevo CSCR arrojaron valores de capacidad superiores en relación con los valores de capacidad resultantes aplicando las ecuaciones de diseño del CSCR2010/14.

La ecuación de diseño para el cálculo de la contribución de la mampostería al cortante del CSCR2010/14 es bastante conservadora, pues no considera el aporte de las celdas rellenas cuando el muro se encuentra parcialmente relleno.

Los cambios presentados para la nueva versión del Código Sísmico aseguran que, al tener un mejor entendimiento del comportamiento de la mampostería, se puede reducir, en los elementos dominados por cortante, la cantidad de refuerzo horizontal requerido cuando el diseño no es dominado por el acero mínimo de refuerzo correspondiente, y, aun así, obtener valores de capacidad muy por encima de la solicitud que se le hace al elemento.

RECOMENDACIONES

Al ser el presente un trabajo de carácter únicamente analítico, se recomienda hacer pruebas a escala real que busquen replicar las condiciones establecidas para los casos de estudio, de forma que se pueda constatar que los resultados obtenidos pertenecen al comportamiento estructural de los elementos.

Para el presente trabajo de investigación, se consideró el escenario sísmico más común encontrado a nivel nacional actualmente, el cual corresponde a clasificación de suelo S3 en zona sísmica III e implica una aceleración pico efectiva de 0,36g. Por consiguiente, se recomienda replicar el estudio para el escenario más crítico posible que, según el CSCR2010/14, corresponde a un tipo de suelo S3 en zona IV, el cual implica una aceleración pico efectiva de 0,44g. Sin embargo, como se espera que, para el nuevo CSCR se cambien los gráficos de FED, se evalúen estos mismos cuando llegue su fecha de publicación para revalorar si existe una condición que pueda ser considerada más crítica que la recomendada para el estudio.

Se recomienda a todo profesional que considere para el cálculo del límite de la fuerza nominal al cortante en los muros con cargas paralelas a su plano el valor correspondiente al área efectiva de la sección en lugar de dbw . Lo anterior en vistas de que bw se encuentra definido de forma tal que no considera el aporte que brindan las celdas que se encuentran rellenas en muros que están parcialmente rellenos, reduciendo así este valor calculado y limitando en gran medida al profesional en el momento del diseño.

Se recomienda llevar a cabo un estudio de impacto económico para valorar cómo mejorar la competitividad de la mampostería en el mercado nacional con la aplicación de los nuevos lineamientos del CSCR para el diseño estructural en mampostería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolaños Prada, E. (2012). *Evaluación comparativa de las versiones 2002 y 2010 del Código Sísmico de Costa Rica para diseño de muros de corte de mampostería*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad de Costa Rica, San José.
- Carballo Vargas, A. (2019). *Evaluación comparativa del CSCR 2010/14 con la adaptación de la normativa estadounidense TMS 402/602-16 en el diseño de muros de corte de mampostería reforzada*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad de Costa Rica, San José.
- Cementos Cibao. (Mayo de 2018). *Mampostería y sus usos en la construcción*. Obtenido de sitio web de Cementos Cibao: <https://www.cementoscibao.com/mamposteria-usos-en-la-construccion/>
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (1974). *Código Sísmico de Costa Rica 1974*. San José: Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (1986). *Código Sísmico de Costa Rica 1986*. San José: Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2003). *Código Sísmico de Costa Rica 2002* (Tercera ed.). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2011). *Código Sísmico de Costa Rica 2010* (Cuarta ed.). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2013). *Comentarios al Código Sísmico de Costa Rica 2010*. (Segunda ed.). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2016). *Código Sísmico de Costa Rica 2010. Revision 2014* (Quinta ed.). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (s.f.) 302 Requisitos para mampostería (BORRADOR). En *Código Sísmico de Costa Rica (año por definir)*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Comision Permanente de Estudio y Revision del CSCR (2018). *Código Sísmico de Costa Rica*. Obtenido de Sitio web oficial de la Comision Permanente de Estudio y Revision del CSCR: <https://www.codigosismico.or.cr>
- Hidalgo, D. (Febrero de 2020). *Muros de mampostería en Costa Rica*. Obtenido de blog LanammeUCR: <https://bloglanammeucr.wordpress.com/2020/02/13/muros-de-mamposteria-en-costa-rica/>

- Mora, A. (15 de enero de 2020). *Construcción decreció un 11.5% en 2019, sector pide medidas al Gobierno*. Obtenido de Delfino CR website: <https://delfino.cr/2020/01/construccion-decrecio-un-11-5-en-2019-sector-pide-medidas-al-gobierno>
- Productos de Concreto S.A. (s.f.) *Manual Técnico PC - Entrepisos*. Obtenido de sitio web de Productos de Concreto S.A.: <https://productosdeconcretocr.com/wp-content/uploads/2018/06/Ficha-t%C3%A9cnica-entrepisos.pdf>
- Red Sismológica Nacional de la Universidad de Costa Rica (Setiembre de 2019). *Terremoto de Cartago, 4 de mayo de 1910*. Obtenido de sitio web de la Red Sismológica Nacional de la Universidad de Costa Rica: <https://rsn.ucr.ac.cr/rsn/comunicados/26-sismologia/sismos-historicos/3486-otro>
- Ruiz, G. (2019). LOS ZIGURAT: BASTIONES DE LA MESOPOTAMIA. España. Obtenido de: <https://sobrehistoria.com/los-zigurat-bastiones-de-la-mesopotamia/#>
- Ulate Zárate, J. M. (Noviembre de 2019). *Curso presencial de Fundamentos de elementos estructurales en mampostería*. Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Latina de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.
- Villegas Alfaro, N. (2018). *Comparación CSCR 10-14 y el TMS 402/602-16 en el diseño de un edificio de cinco pisos de mampostería integral (tipo muro)*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad de Costa Rica, San José.

ANEXOS

Anexo A: Factor espectral dinámico, FED, para sitios de cimentación tipo S3 en zona sísmica III del CSCR2010/14

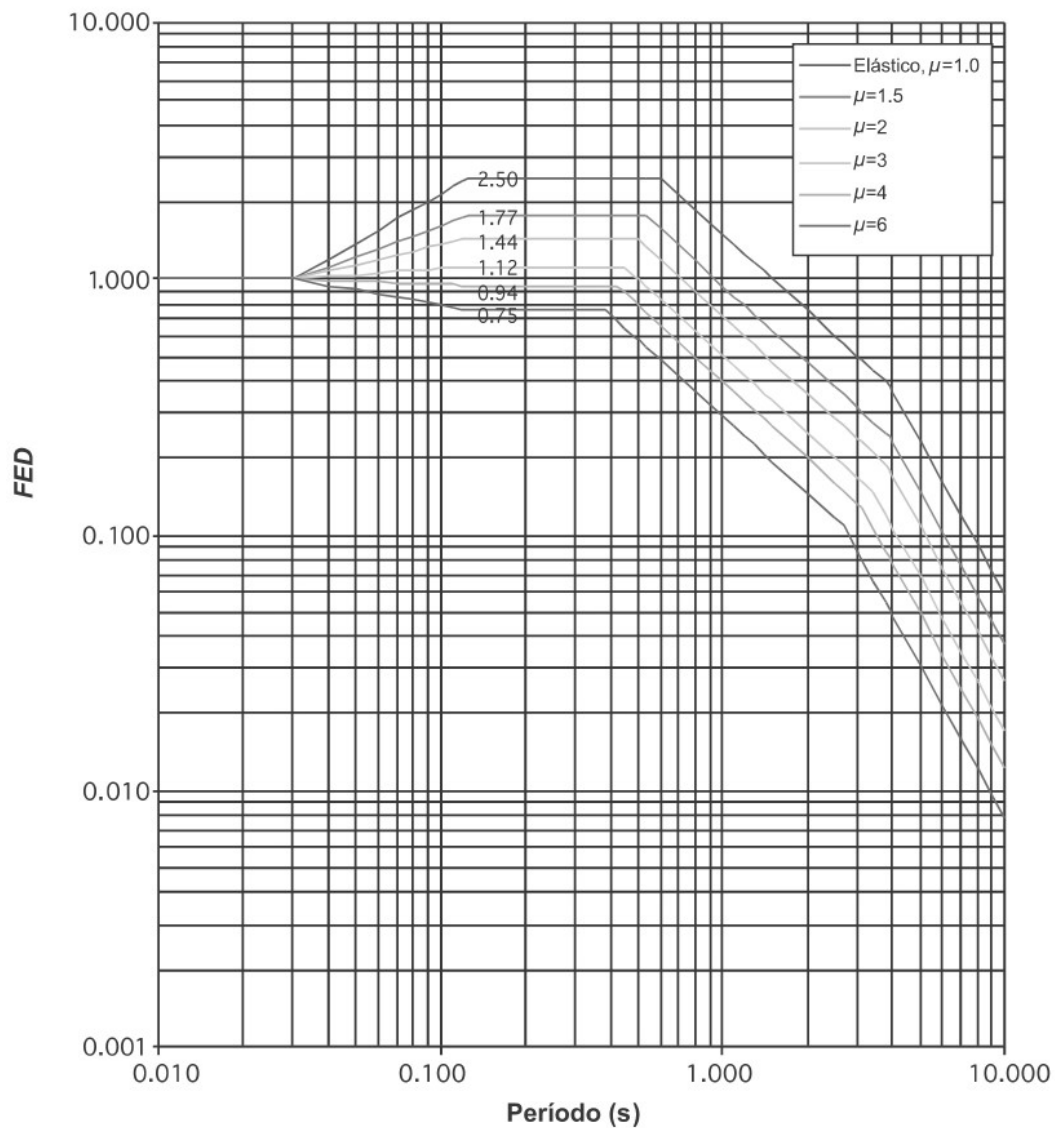


FIGURA 5.7. Factor espectral dinámico, FED , para sitios de cimentación tipo S_3 en zona sísmica III (amortiguamiento $\zeta = 5\%$; ductilidades $\mu = 1, 1.5, 2, 3, 4, 6$).

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

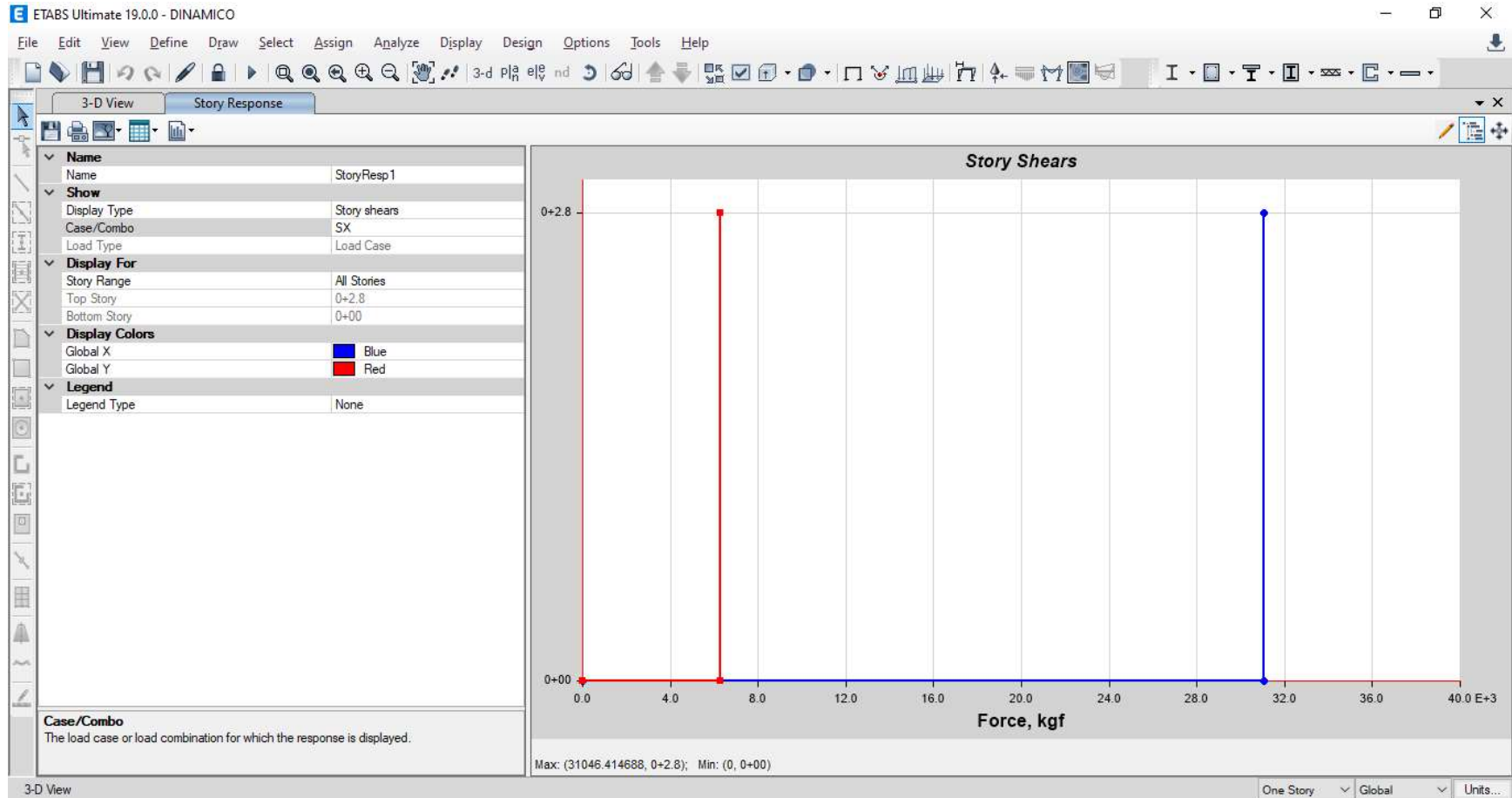
Anexo B: Resultados del análisis modal ETABS (método dinámico)

Periodo y % de masa participativa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
Modal	1	0,117	0,0079	0,9538	0	0,0079	0,9538	0	0,9538	0,0079	0,052	0,9538	0,0079	0,052
Modal	2	0,075	0,1496	0,0431	0	0,1576	0,997	0	0,0431	0,1496	0,7907	0,997	0,1576	0,8427
Modal	3	0,051	0,841	0,0001	0	0,9986	0,997	0	0,0001	0,841	0,1448	0,997	0,9986	0,9875
Modal	4	0,029	0,0001	0,00004653	0	0,9986	0,9971	0	0,00004653	0,0001	0,0001	0,9971	0,9986	0,9876
Modal	5	0,026	0,0002	0,0028	0	0,9988	0,9999	0	0,0028	0,0002	0,0108	0,9999	0,9988	0,9985
Modal	6	0,016	0,0004	1,947E-06	0	0,9992	0,9999	0	1,947E-06	0,0004	0,0003	0,9999	0,9992	0,9988
Modal	7	0,014	0,0003	0,00004428	0	0,9994	1	0	0,00004428	0,0003	0,0006	1	0,9994	0,9994
Modal	8	0,011	0,0005	3,478E-06	0	0,9999	1	0	3,478E-06	0,0005	0,0003	1	0,9999	0,9997
Modal	9	0,01	0,0001	0,00003398	0	1	1	0	0,00003398	0,0001	0,0003	1	1	1
Modal	10	0,003	4,263E-06	0	0	1	1	0	0	4,263E-06	1,459E-06	1	1	1
Modal	11	0,003	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Modal	12	0,003	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1

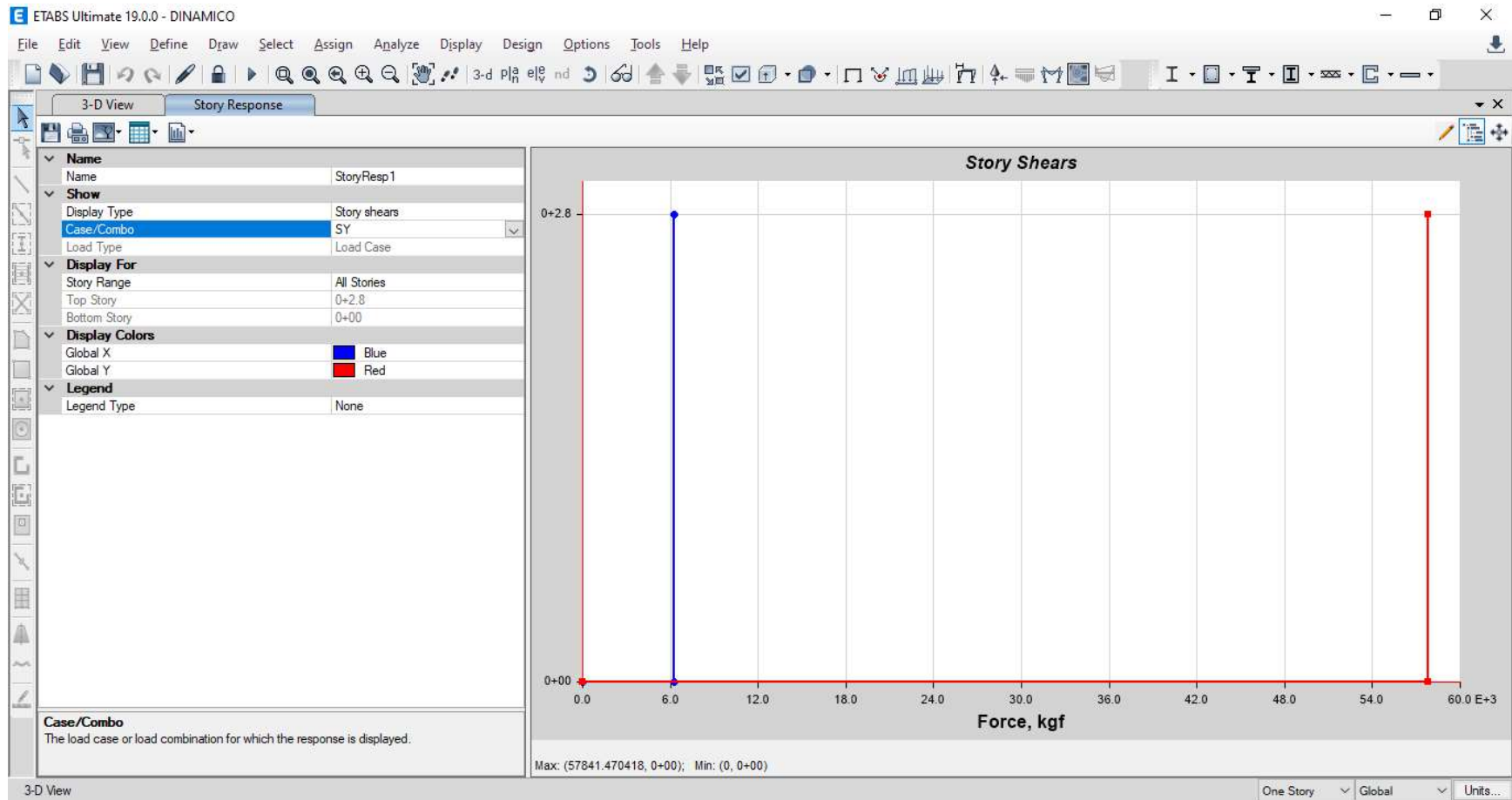
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Cortante Basal en X por efecto de SX



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

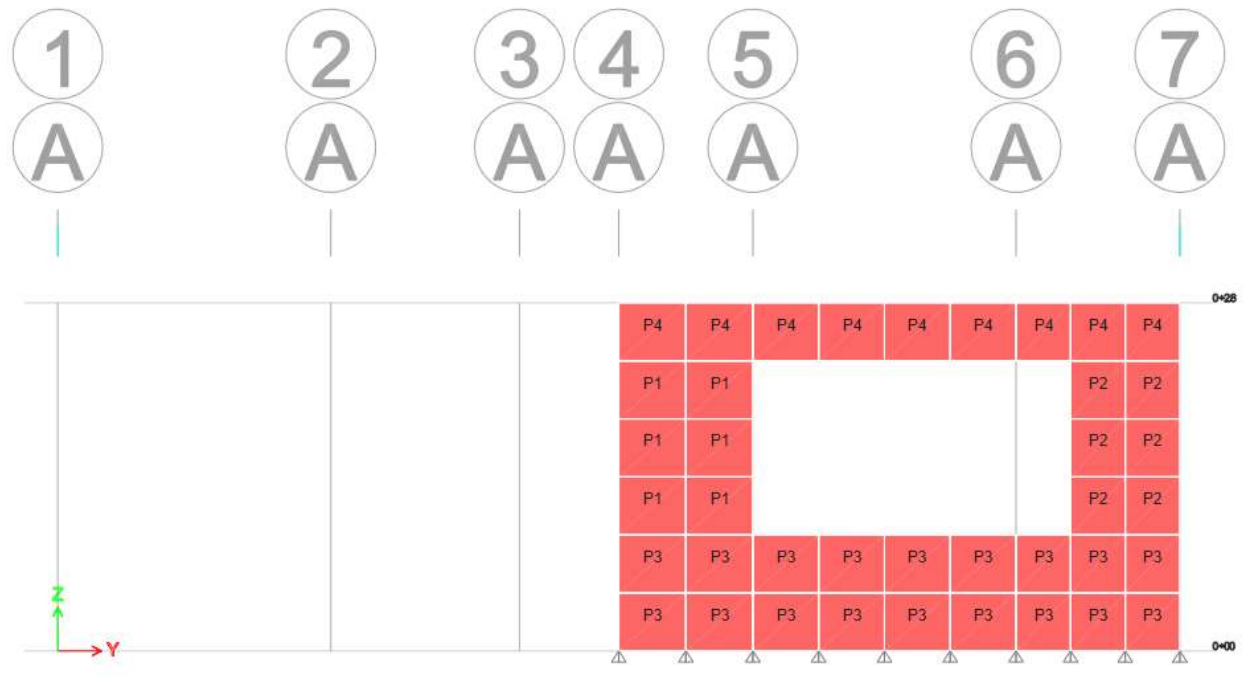
Cortante basal en Y por efecto de SY



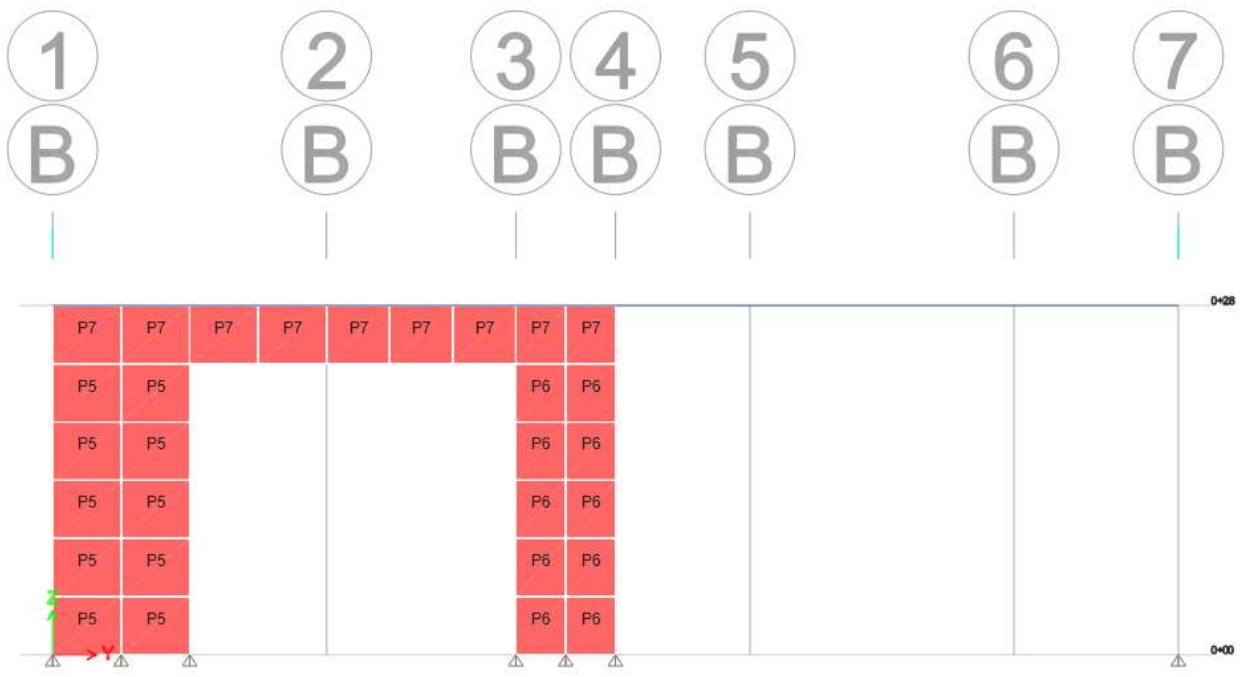
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Anexo C: Muros de mampostería por eje

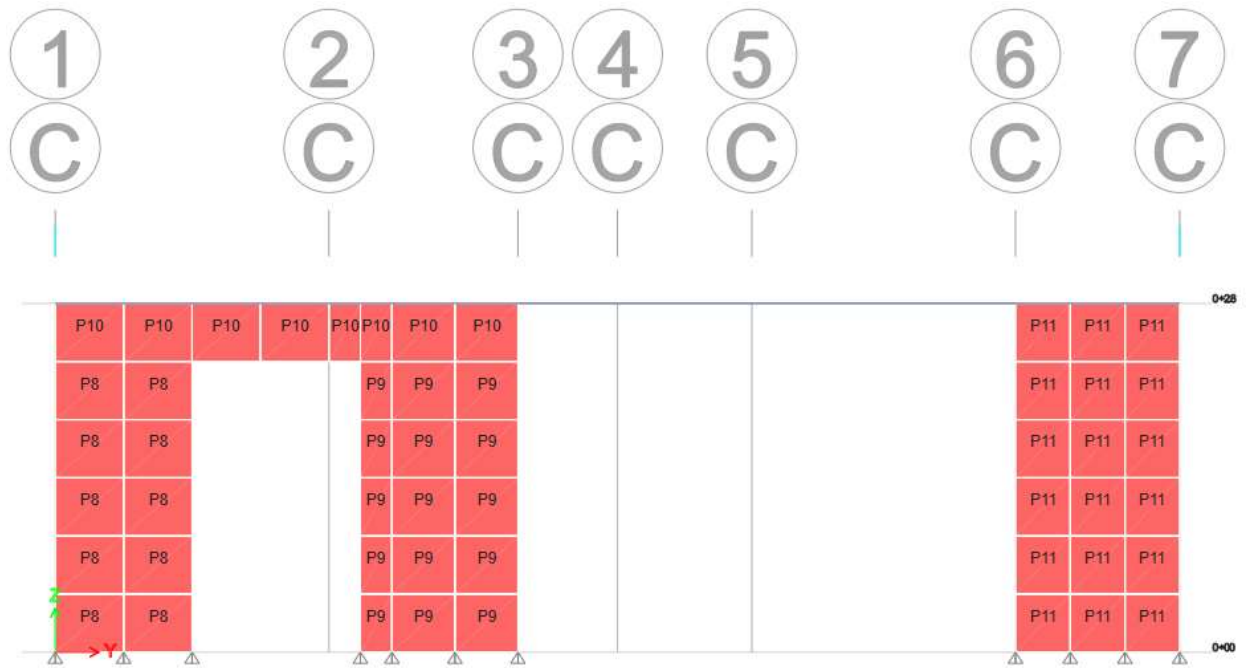
Muro A



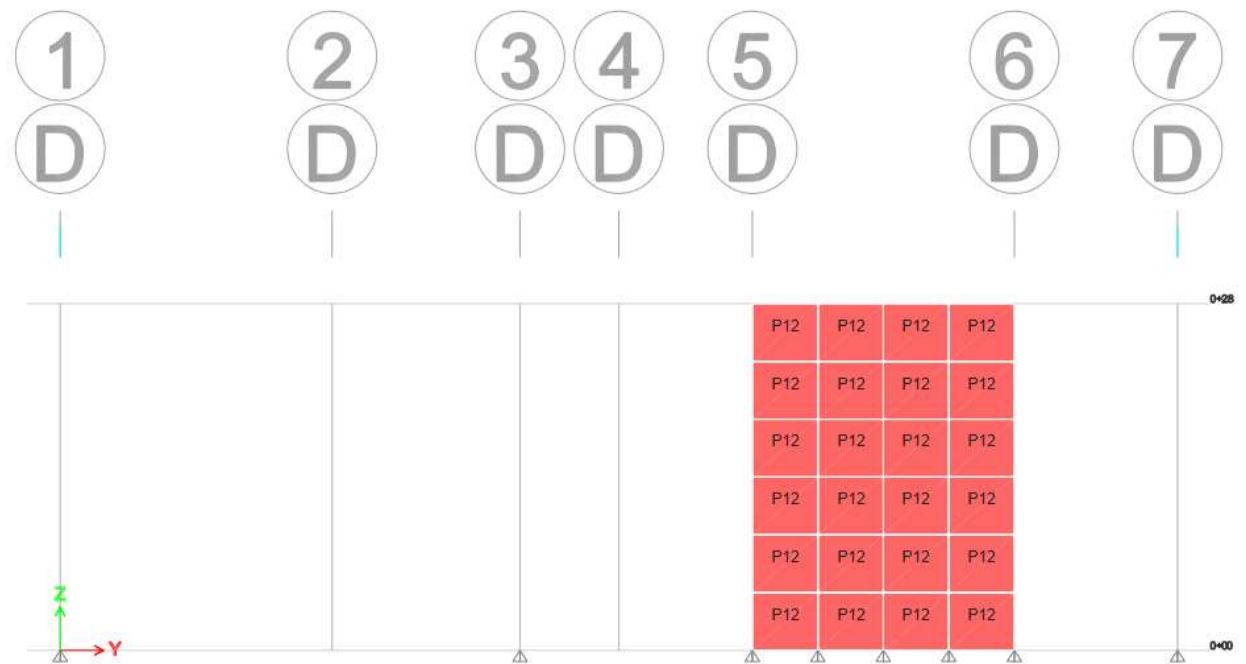
Muro B



Muro C



Muro D



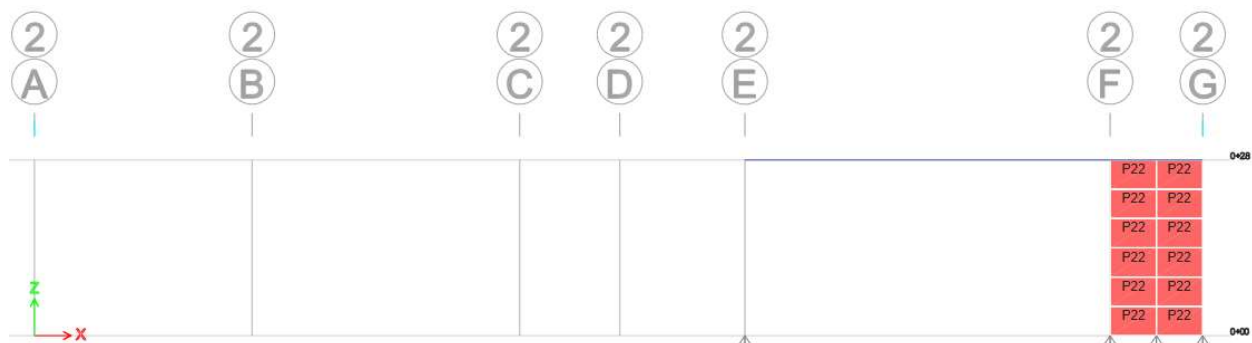
Muro E



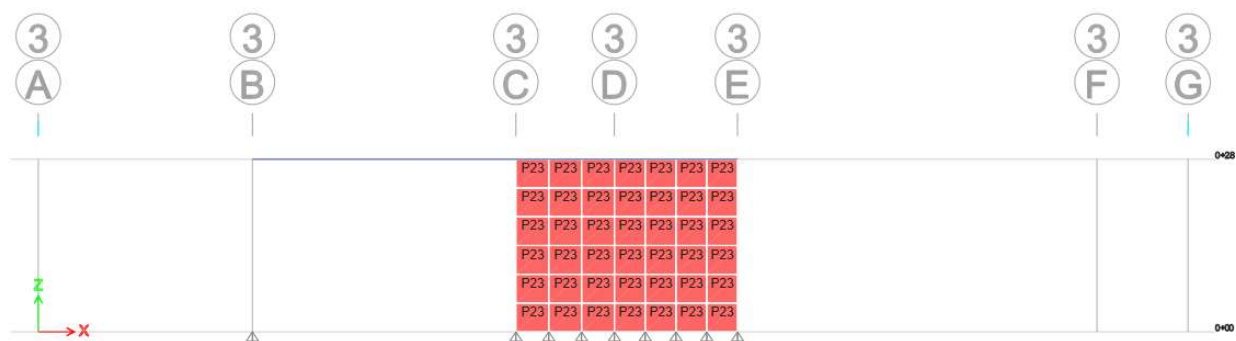
Muro 1



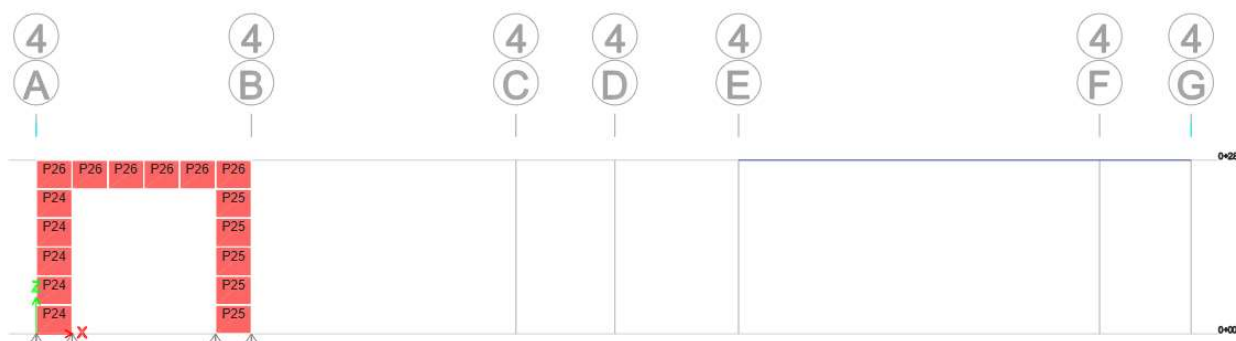
Muro 2



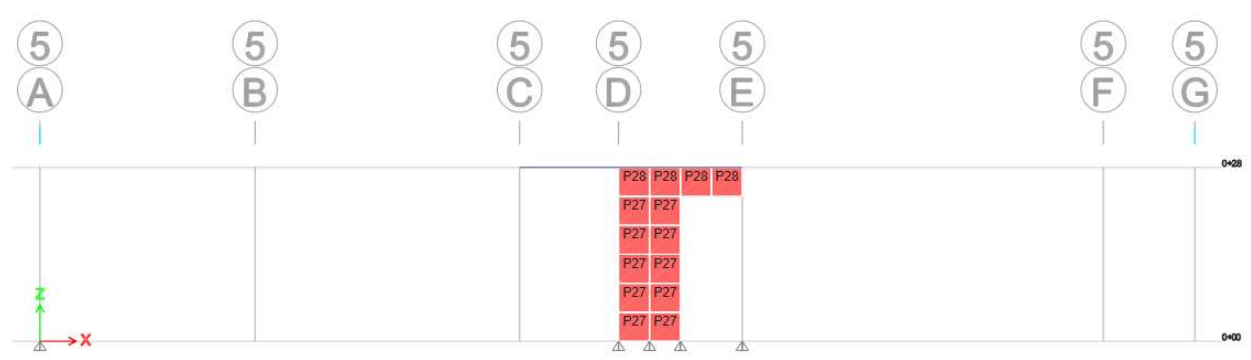
Muro 3



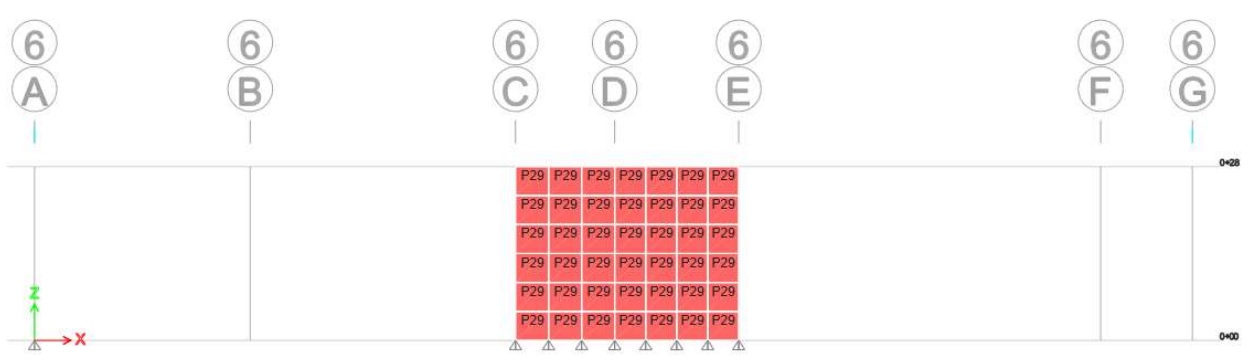
Muro 4



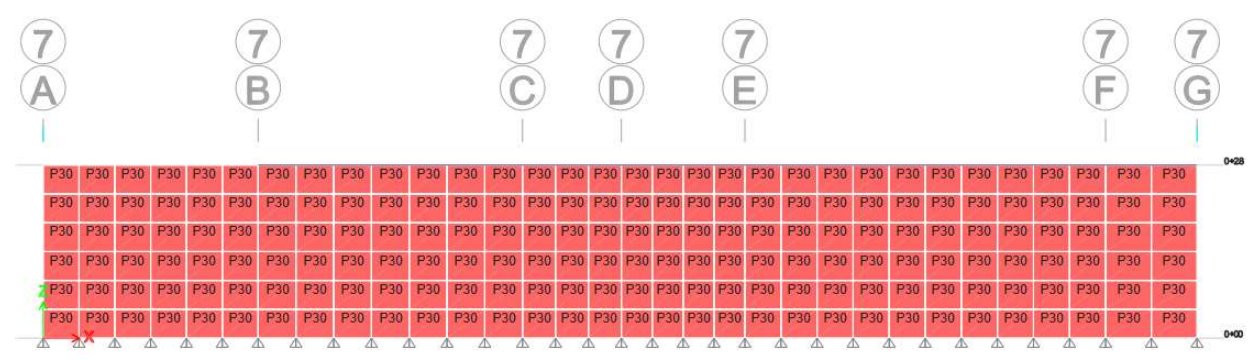
Muro 5



Muro 6



Muro 7



Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Anexo D: Memoria de cálculo muros

Muro A, pier 1

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f _m (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,92		
Altura del muro, h _m (m)	1,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	1,30		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	1.209,32	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	1.022,33	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	84.052,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,31		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	3,28	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	4,28	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00387	OK

Área de acero en todo el muro, A_{st} (cm ²)	7,55	
Cuantía de acero en todo el muro, ρ_2	0,00684	OK

CSCR2010/14		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, A_e (cm ²)	1.104,00	
Inercia (cm ⁴)	13.248,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	34,64	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94	
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	80,61	
Factor de reducción, ϕ	0,78	
Capacidad nominal Axial reducida, ϕP_n (Tonf)	63,16	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	81,65	
Área gruesa, A_g (cm ²)	1.104,00	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	26,93	
Ancho efectivo, b_w (cm)	4,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	2,21	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	29,14	
Factor de reducción, ϕ	0,60	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	17,48	OK
Relación de carga, μ/V_{ud}	1,0069	
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	11,81	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,7301	
c/l_w	0,8818	
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	5,13	
Factor de reducción, ϕ	0,78	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	4,02	OK

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Nuevo CSCR			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00		
Inercia (cm ⁴)	13.248,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	34,64		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94		
Capacidad nominal Axial, Pn (Tonf)	80,61		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	68,51	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	43,10		
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	1.229,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	6,61		
γ_g	1,00		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	49,71		
Factor de reducción, ϕ	0,70		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	34,80	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	1,0069		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	11,81	OK	
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,56		
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	973,52		
Cortante en la base, Vn (Tonf)	40,89		
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	28,62	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,7301		
c/lw	0,8818		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	5,13		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	4,36	OK	

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a Carga Axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	80,61	80,61	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,78	0,85	7,82%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	63,16	68,51	7,82%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	5,13	5,13	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,78	0,85	7,82%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	4,02	4,36	7,82%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93	43,10	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,21	6,61	66,64%		
γg	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	29,14	49,71	41,38%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	17,48	34,80	49,75%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	16,16	92,43%	30,17	86,70%	-6,61%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	1,32	7,57%	4,63	13,30%	43,09%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro A, pier 2

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f _m (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,92		
Altura del muro, h _m (m)	1,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	1,30		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	143,06	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	1.115,35	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	67.993,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,31		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	3,28	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	4,28	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00387	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	7,55	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00684	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00		
Inercia (cm ⁴)	13.248,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	34,64		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	80,61		
Factor de reducción, ϕ	0,80		
Capacidad nominal Axial reducida, ϕP_n (Tonf)	64,33	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.104,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,53		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	29,47		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	17,68	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	0,7466		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	13,79	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,7301		
c/lw	0,8818		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	5,13		
Factor de reducción, ϕ	0,80		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	4,09	OK	

Nuevo CSCR			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00		
Inercia (cm ⁴)	13.248,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	34,64		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	80,61		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Capacidad nominal Axial reducida, ϕP_n (Tonf)	68,51	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	43,10		
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	1.229,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	7,63		
γ_g	1,00		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	50,72		
Factor de reducción, ϕ	0,70		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	35,51	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	0,7466		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	13,79	OK	
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,56		
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	973,52		
Cortante en la base, Vn (Tonf)	27,21		
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	19,05	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,7301		
c/lw	0,8818		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	5,13		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	4,36	OK	

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Capacidad nominal Axial, Pn (Tonf)	80,61	80,61	0,00%
Factor de reducción, ϕ	0,80	0,85	6,11%
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	64,33	68,51	6,11%
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	5,13	5,13	0,00%
Factor de reducción, ϕ	0,80	0,85	6,11%
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	4,09	4,36	6,11%
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93	43,10	37,50%
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,53	7,63	66,78%
γ_g	n/a	1,00	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	29,47	50,72	41,90%
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	17,68	35,51	50,20%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	16,16	30,17	84,96%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	1,52	5,34	15,04%
	91,40%	84,96%	-7,58%
	8,60%	15,04%	42,82%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro B, pier 5

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,92		
Altura del muro, h _m (m)	2,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	2,39		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	3.894,59	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	1.814,12	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	270.115,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,31		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	3,28	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	7,84	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00710	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	11,12	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,01007	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00		
Inercia (cm ⁴)	13.248,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	63,51		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,19		
Factor de reducción, ϕ	0,75		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	50,95	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.104,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	90,53		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,43		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	92,96		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	55,78	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	1,8236		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	11,81	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,6177		
c/lw	0,7658		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	8,83		
Factor de reducción, ϕ	0,75		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	6,60	OK	

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00	
Inercia (cm ⁴)	13.248,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	63,51	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79	
Capacidad nominal Axial, Pn (Tonf)	68,19	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	57,96	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	144,85	
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	1.229,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	7,23	
γ_g	1,00	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	152,08	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	106,46	OK
Relación de carga, Mu/Vud	1,8236	
Límite de fuerza Cortante, Vn (Tonf)	11,81	OK
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,56	
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	845,48	
Cortante en la base, Vn (Tonf)	35,51	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	24,86	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,6177	
c/lw	0,7658	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	8,83	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	7,50	OK

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a Carga Axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,19	68,19	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,75	0,85	12,11%		
Capacidad nominal Axial reducida, ϕPn (Tonf)	50,95	57,96	12,11%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	8,83	8,83	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,75	0,85	12,11%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	6,60	7,50	12,11%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	90,53	144,85	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,43	7,23	66,33%		
γ_g	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	92,96	152,08	38,87%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	55,78	106,46	47,60%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	54,32	97,38%	101,39	95,25%	-2,24%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	1,46	2,62%	5,06	4,75%	44,92%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro B, pier 6

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,92		
Altura del muro, h _m (m)	2,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	2,39		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	9.305,67	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	2.592,83	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	259.377,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,31		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	3,28	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	7,84	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00710	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	11,12	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,01007	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00		
Inercia (cm ⁴)	13.248,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	63,51		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,19		
Factor de reducción, ϕ	0,67		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	45,93	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.104,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	90,53		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,89		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	93,43		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	56,06	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	1,2252		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	11,81	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,6177		
c/lw	0,7658		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	8,83		
Factor de reducción, ϕ	0,67		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	5,95	OK	

Nuevo CSCR			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00		
Inercia (cm ⁴)	13.248,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	63,51		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,19		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	57,96	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	144,85		
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	1.229,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	8,48		
γ_g	1,00		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	153,32		
Factor de reducción, ϕ	0,70		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	107,33	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	1,2252		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	11,81	OK	
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,56		
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	845,48		
Cortante en la base, Vn (Tonf)	35,51		
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	24,86	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,6177		
c/lw	0,7658		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	8,83		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	7,50	OK	

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,19	68,19	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,67	0,85	20,76%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	45,93	57,96	20,76%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	8,83	8,83	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,67	0,85	20,76%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	5,95	7,50	20,76%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	90,53	144,85	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,89	8,48	65,84%		
γg	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	93,43	153,32	39,07%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	56,06	107,33	47,77%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	54,32	96,90%	101,39	94,47%	-2,57%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	1,74	3,10%	5,93	5,53%	43,95%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro C, pier 8

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	1,32		
Altura del muro, h _m (m)	2,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	1,67		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	7.722,17	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	5.039,52	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	375.518,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,44		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	4	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	4,18	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00264	OK
	% Muro relleno	76%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	3,92	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00247	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	8,10	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00511	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.200,61		
Inercia (cm ⁴)	14.407,27		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	63,51		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79		
Capacidad nominal Axial, Pn (Tonf)	75,77		
Factor de reducción, ϕ	0,70		
Capacidad nominal Axial reducida, ϕP_n (Tonf)	53,31	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	121,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.584,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	22,63		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	4,77		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	27,40		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	16,44	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	0,6125		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	16,13	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1108		
β	0,4784		
c/lw	0,6257		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	23,06		
Factor de reducción, ϕ	0,70		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	16,22	OK	

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, A_e (cm ²)	1.200,61	
Inercia (cm ⁴)	14.407,27	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	63,51	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79	
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	75,77	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	64,41	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	121,65	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	36,21	
Área neta efectiva de cortante, A_{nv} (cm ² /m)	844,8	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	10,69	
γ_g	0,75	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	35,18	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	24,63	OK
Relación de carga, M_u/V_{ud}	0,6125	
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	16,13	OK
Área de acero dentro de A_{nv} , A_{sp} (cm ² /m)	3,17	
Área neta entre EN y extremo en compresión, A_{nc} (cm ²)	991,08	
Cortante en la base, V_n (Tonf)	30,87	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	21,61	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1108	
β	0,4784	
c/l_w	0,6257	
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	23,06	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	19,60	OK

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	75,77	75,77	0,00%
Factor de reducción, ϕ	0,70	0,85	17,23%
Capacidad nominal Axial reducida, ϕPn (Tonf)	53,31	64,41	17,23%
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	23,06	23,06	0,00%
Factor de reducción, ϕ	0,70	0,85	17,23%
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	16,22	19,60	17,23%
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	22,63	36,21	37,50%
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	4,77	10,69	55,40%
γ_g	n/a	0,75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	27,40	35,18	22,11%
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	16,44	24,63	33,24%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	13,58 82,59%	19,01 77,20%	-6,99%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	2,86 17,41%	5,61 22,80%	23,65%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro C, pier 9

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, lm (m)	1,20		
Altura del muro, hm (m)	2,20		
Relación de aspecto, hm/lm	1,83		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, fy (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, Pu (Kgf)	14.472,78	
	Carga última cortante, Vu (Kgf)	6.528,62	
	Momento último flexionante, Mu (Kgf-cm)	568.212,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, Svmax (m)	0,40		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	4	OK
	Separación entre varillas, Sv (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, Asv (cm ²)	3,80	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ_v	0,00264	OK
	% Muro relleno	76%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, Sh (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, Ash (cm ²)	3,92	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ_h	0,00272	OK
	Área de acero en todo el muro, Ast (cm ²)	7,72	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ_2	0,00536	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.091,46		
Inercia (cm ⁴)	13.097,52		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	63,51		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,88		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	41,41	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	109,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.440,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	22,63		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	4,55		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	27,18		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	16,31	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	0,7937		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	13,27	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1108		
β	0,4784		
c/lw	0,6257		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	19,06		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	11,45	OK	

Nuevo CSCR			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.091,46		
Inercia (cm ⁴)	13.097,52		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	63,51		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,88		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	58,55	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	109,65		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	36,21		
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	844,8		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	10,94		
γ_g	0,75		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	35,36		
Factor de reducción, ϕ	0,70		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	24,75	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	0,7937		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	13,27	OK	
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,17		
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	900,98		
Cortante en la base, Vn (Tonf)	35,98		
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	25,19	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1108		
β	0,4784		
c/lw	0,6257		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	19,06		
Factor de reducción, ϕ	0,85		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	16,20	OK	

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	68,88	68,88	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,85	29,28%		
Capacidad nominal Axial reducida, ϕPn (Tonf)	41,41	58,55	29,28%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	19,06	19,06	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,85	29,28%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	11,45	16,20	29,28%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	22,63	36,21	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	4,55	10,94	58,41%		
γ_g	n/a	0,75			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	27,18	35,36	23,13%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	16,31	24,75	34,12%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	13,58	83,26%	19,01	76,80%	-8,41%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	2,73	16,74%	5,74	23,20%	27,85%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro C, pier 11

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	1,44		
Altura del muro, h _m (m)	2,60		
Relación de aspecto, h _m /l _m	1,81		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	2.415,10	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	8.235,29	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	380.902,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,48		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	2,57	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00148	OK
	% Muro relleno	76%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	4,63	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00268	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	7,20	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00416	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.309,75		
Inercia (cm ⁴)	15.717,02		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	75,06		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,71		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	69,48		
Factor de reducción, ϕ	0,77		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	53,66	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	133,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.728,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	31,61		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	5,43		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	37,04		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	22,22	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	0,3461		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	20,07	OK	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,0623		
β	0,4021		
c/lw	0,5498		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	26,01		
Factor de reducción, ϕ	0,77		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	20,09	OK	

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.309,75	
Inercia (cm ⁴)	15.717,02	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	75,06	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,71	
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	69,48	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	59,06	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	133,65	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	50,58	
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	844,8	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	11,18	
γ_g	0,75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	46,32	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	32,42	OK
Relación de carga, Mu/Vud	0,3461	
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	20,07	OK
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	1,78	
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	950,12	
Cortante en la base, Vn (Tonf)	14,25	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	9,98	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,0623	
β	0,4021	
c/lw	0,5498	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	26,01	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	22,11	OK

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a Carga Axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	69,48	69,48	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,77	0,85	9,14%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	53,66	59,06	9,14%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	26,01	26,01	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,77	0,85	9,14%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	20,09	22,11	9,14%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	31,61	50,58	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	5,43	11,18	51,47%		
γ_g	n/a	0,75			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	37,04	46,32	20,04%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	22,22	32,42	31,46%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	18,97	85,35%	26,55	81,89%	-4,22%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	3,26	14,65%	5,87	18,11%	19,08%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro E, pier 13

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,92		
Altura del muro, h _m (m)	1,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	1,30		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	4.901,16	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	3.765,11	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	61.669,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,31		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	3,28	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	4,28	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00387	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	7,55	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00684	OK

CSCR2010/14		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.104,00	
Inercia (cm ⁴)	13.248,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	34,64	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94	
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	80,61	
Factor de reducción, ϕ	0,73	
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	59,12	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	81,65	
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.104,00	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93	
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	3,84	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	30,78	
Factor de reducción, ϕ	0,60	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	18,47	OK
Relación de carga, Mu/Vud	0,2006	
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	17,66	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,7301	
c/lw	0,8818	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	5,13	
Factor de reducción, ϕ	0,73	
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	3,76	OK

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, A_e (cm ²)	1.104,00	
Inercia (cm ⁴)	13.248,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	34,64	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94	
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	80,61	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	68,51	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	81,65	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	43,10	
Área neta efectiva de cortante, A_{nv} (cm ² /m)	1.229,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	11,44	
γ_g	1,00	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	54,54	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	38,18	OK
Relación de carga, M_u/V_{ud}	0,2006	
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	17,66	OK
Área de acero dentro de A_{nv} , A_{sp} (cm ² /m)	3,56	
Área neta entre EN y extremo en compresión, A_{nc} (cm ²)	973,52	
Cortante en la base, V_n (Tonf)	18,28	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	12,79	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,7301	
c/l_w	0,8818	
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	5,13	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	4,36	OK

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	80,61	80,61	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,73	0,85	13,72%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	59,12	68,51	13,72%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	5,13	5,13	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,73	0,85	13,72%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	3,76	4,36	13,72%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93	43,10	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	3,84	11,44	66,43%		
γ_g	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	30,78	54,54	43,57%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	18,47	38,18	51,63%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	16,16	87,52%	30,17	79,02%	-10,75%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	2,30	12,48%	8,01	20,98%	40,51%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro E, pier 14

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, lm (m)	1,72		
Altura del muro, hm (m)	1,20		
Relación de aspecto, hm/lm	0,70		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, fy (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, Pu (Kgf)	16.149,28	
	Carga última cortante, Vu (Kgf)	10.117,89	
	Momento último flexionante, Mu (Kgf-cm)	755.453,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, Svmax (m)	0,40		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	4	OK
	Separación entre varillas, Sv (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, Asv (cm ²)	5,45	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ_v	0,00264	OK
	% Muro relleno	76%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, Sh (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, Ash (cm ²)	4,28	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ_h	0,00207	OK
	Área de acero en todo el muro, Ast (cm ²)	9,72	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ_2	0,00471	OK

CSCR2010/14		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.564,43	
Inercia (cm ⁴)	18.773,11	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	34,64	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94	
Capacidad nominal Axial, Pn (Tonf)	116,70	
Factor de reducción, ϕ	0,65	
Capacidad nominal Axial reducida, ϕP_n (Tonf)	75,29	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	161,65	
Área gruesa, Ag (cm ²)	2.064,00	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93	
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	7,38	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	34,31	
Factor de reducción, ϕ	0,60	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	20,59	OK
Relación de carga, Mu/Vud	0,4619	
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	22,69	OK
Resistencia nominal máxima a Momento Flexionante		
α	0,1108	
β	0,5654	
c/lw	0,7181	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	33,83	
Factor de reducción, ϕ	0,65	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	21,83	OK

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.564,43	
Inercia (cm ⁴)	18.773,11	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	34,64	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,94	
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	116,70	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	99,20	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	161,65	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	43,10	
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	844,8	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	18,52	
γ_g	0,75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	46,21	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	32,35	OK
Relación de carga, Mu/Vud	0,4619	
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	22,69	OK
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,17	
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	1.482,23	
Cortante en la base, Vn (Tonf)	50,65	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	35,46	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1108	
β	0,5654	
c/lw	0,7181	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	33,83	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	28,76	OK

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	116,70	116,70	0,00%
Factor de reducción, ϕ	0,65	0,85	24,10%
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	75,29	99,20	24,10%
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	33,83	33,83	0,00%
Factor de reducción, ϕ	0,65	0,85	24,10%
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	21,83	28,76	24,10%
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	26,93	43,10	37,50%
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	7,38	18,52	60,16%
γ_g	n/a	0,75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	34,31	46,21	25,75%
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	20,59	32,35	36,36%
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	16,16 78,50%	22,63 69,94%	-12,23%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	4,43 21,50%	9,72 30,06%	28,46%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro E, pier 15

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	1,20		
Altura del muro, h _m (m)	0,60		
Relación de aspecto, h _m /l _m	0,50		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	13.024,52	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	11.563,25	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	334.730,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,20		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	4,28	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	2,14	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00148	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	6,41	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00445	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.440,00		
Inercia (cm ⁴)	17.280,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	17,32		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,98		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	110,28		
Factor de reducción, ϕ	0,66		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	73,26	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	109,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.440,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	6,73		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	5,60		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	12,33		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	7,40	NO	
Relación de carga, Mu/Vud	0,2640		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	22,90	NO	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,7658		
c/lw	0,9186		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	6,26		
Factor de reducción, ϕ	0,66		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	4,16	OK	

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, A_e (cm ²)	1.440,00	
Inercia (cm ⁴)	17.280,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	17,32	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,98	
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	110,28	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	93,74	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	109,65	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	10,77	
Área neta efectiva de cortante, A_{nv} (cm ² /m)	1.229,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	16,95	
γ_g	1,00	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	27,72	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	19,41	OK
Relación de carga, $M_u/V_u d$	0,2640	
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	22,90	OK
Área de acero dentro de A_{nv} , A_{sp} (cm ² /m)	3,56	
Área neta entre EN y extremo en compresión, A_{nc} (cm ²)	1.322,85	
Cortante en la base, V_n (Tonf)	33,59	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	23,51	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,7658	
c/l_w	0,9186	
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	6,26	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	5,32	OK

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	110,28	110,28	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,66	0,85	21,84%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	73,26	93,74	21,84%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	6,26	6,26	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,66	0,85	21,84%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	4,16	5,32	21,84%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	6,73	10,77	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	5,60	16,95	66,97%		
γ_g	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	12,33	27,72	55,52%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	7,40	19,41	61,87%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	4,04	54,60%	7,54	38,86%	-40,50%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	3,36	45,40%	11,86	61,14%	25,74%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro E, pier 16

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,80		
Altura del muro, h _m (m)	0,60		
Relación de aspecto, h _m /l _m	0,75		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	3.016,82	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	3.578,72	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	137.764,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,20		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	2,85	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	2,14	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00223	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	4,99	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00520	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, A_e (cm ²)	960,00		
Inercia (cm ⁴)	11.520,00		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	17,32		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,98		
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	73,52		
Factor de reducción, ϕ	0,75		
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	55,35	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	69,65		
Área gruesa, A_g (cm ²)	960,00		
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	6,73		
Ancho efectivo, b_w (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	2,68		
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	9,41		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	5,65	OK	
Relación de carga, M_u/V_{ud}	0,5527		
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	13,31	NO	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,1247		
β	0,7658		
c/l_w	0,9186		
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	2,78		
Factor de reducción, ϕ	0,75		
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	2,09	OK	

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, A_e (cm ²)	960,00	
Inercia (cm ⁴)	11.520,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	17,32	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,98	
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	73,52	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	62,49	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	69,65	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	10,77	
Área neta efectiva de cortante, A_{nv} (cm ² /m)	1.229,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	8,05	
γ_g	1,00	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	18,82	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	13,18	OK
Relación de carga, M_u/V_{ud}	0,5527	
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	13,31	OK
Área de acero dentro de A_{nv} , A_{sp} (cm ² /m)	3,56	
Área neta entre EN y extremo en compresión, A_{nc} (cm ²)	881,90	
Cortante en la base, V_n (Tonf)	16,77	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	11,74	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,7658	
c/l_w	0,9186	
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	2,78	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	2,36	OK

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	73,52	73,52	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,75	0,85	11,43%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	55,35	62,49	11,43%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	2,78	2,78	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,75	0,85	11,43%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	2,09	2,36	11,43%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	6,73	10,77	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,68	8,05	66,74%		
γ_g	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	9,41	18,82	50,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	5,65	13,18	57,15%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	4,04	71,56%	7,54	57,24%	-25,01%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	1,61	28,44%	5,63	42,76%	33,48%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro 2, pier 22

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f'm (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	1,60		
Altura del muro, h _m (m)	2,60		
Relación de aspecto, h _m /l _m	1,63		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	16.905,65	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	6.116,99	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	1.413.713,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,53		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	2,85	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00148	OK
	% Muro relleno	76%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	40	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	4,63	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00241	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	7,48	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,00390	OK

CSCR2010/14			
Resistencia nominal máxima a carga axial			
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.455,28		
Inercia (cm ⁴)	17.463,36		
Radio de giro, r (cm)	3,46		
Relación de esbeltez, h/r	75,06		
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,71		
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	77,20		
Factor de reducción, ϕ	0,63		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	48,31	OK	
Resistencia nominal máxima a carga cortante			
Largo efectivo del muro, dv (cm)	149,65		
Área gruesa, Ag (cm ²)	1.920,00		
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	31,61		
Ancho efectivo, bw (cm)	4,6		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	5,37		
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	36,98		
Factor de reducción, ϕ	0,60		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	22,19	OK	
Relación de carga, Mu/Vud	1,5444		
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	15,57	NO	
Resistencia nominal máxima a momento flexionante			
α	0,0623		
β	0,4021		
c/lw	0,5498		
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	32,11		
Factor de reducción, ϕ	0,63		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	20,10	OK	

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	1.455,28	
Inercia (cm ⁴)	17.463,36	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	75,06	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,71	
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	77,20	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	65,62	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	149,65	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	50,58	
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	844,8	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	14,33	
γ_g	0,75	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	48,68	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	34,08	OK
Relación de carga, Mu/Vud	1,5444	
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	15,57	OK
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	1,78	
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	1.055,69	
Cortante en la base, Vn (Tonf)	44,34	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	31,04	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,0623	
β	0,4021	
c/lw	0,5498	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	32,11	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	27,30	OK

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	77,20	77,20	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,63	0,85	26,38%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	48,31	65,62	26,38%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	32,11	32,11	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,63	0,85	26,38%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	20,10	27,30	26,38%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	31,61	50,58	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	5,37	14,33	62,53%		
γ_g	n/a	0,75			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	36,98	48,68	24,03%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	22,19	34,08	34,89%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	18,97	85,48%	26,55	77,92%	-9,70%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	3,22	14,52%	7,52	22,08%	34,23%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Muro 5, pier 27

Tipo de bloque de mampostería	12x20x40		
Mampostería clase	A		
Espesor del muro, t (cm)	12		
Resistencia a compresión de la mampostería, f _m (Kgf/cm ²)	100		
Longitud del muro, l _m (m)	0,80		
Altura del muro, h _m (m)	2,20		
Relación de aspecto, h _m /l _m	2,75		
Clasificación del muro	Medio		
Acero longitudinal grado	60		
Resistencia acero longitudinal, f _y (Kgf/cm ²)	4.200		
Coefficiente de fricción entre muro y losa, μ	1		
Uso de viga bloque	No		
	Combinación	COMB3Y	
	Carga última axial, P _u (Kgf)	3.793,75	
	Carga última cortante, V _u (Kgf)	3.379,57	
	Momento último flexionante, M _u (Kgf-cm)	130.742,00	
Distanciamiento máximo permitido del refuerzo vertical, S _{vmax} (m)	0,27		
Calibre máximo de varilla vertical permitido	5		
Propuesta de acero vertical			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _v (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el largo del muro, A _{sv} (cm ²)	2,85	
	Cuantía de acero en todo el largo del muro, ρ _v	0,00297	OK
	% Muro relleno	100%	
Propuesta de acero horizontal			
	Cantidad de varillas tipo 1	1	
	Calibre de varillas tipo 1	3	OK
	Separación entre varillas, S _h (cm)	20	OK
	Área de acero en todo el alto del muro, A _{sh} (cm ²)	7,84	
	Cuantía de acero en todo el alto del muro, ρ _h	0,00816	OK
	Área de acero en todo el muro, A _{st} (cm ²)	10,69	
	Cuantía de acero en todo el muro, ρ ₂	0,01113	OK

CSCR2010/14		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, A_e (cm ²)	960,00	
Inercia (cm ⁴)	11.520,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	63,51	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79	
Capacidad nominal axial, P_n (Tonf)	59,30	
Factor de reducción, ϕ	0,74	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	43,92	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, d_v (cm)	69,65	
Área gruesa, A_g (cm ²)	960,00	
Capacidad a cortante del acero, V_s (Tonf)	90,53	
Ancho efectivo, b_w (cm)	4,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, V_m (Tonf)	2,74	
Capacidad nominal cortante, V_n (Tonf)	93,27	
Factor de reducción, ϕ	0,60	
Capacidad nominal cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	55,96	OK
Relación de carga, M_u/V_{ud}	0,5554	
Límite de fuerza cortante, V_n (Tonf)	13,29	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,6177	
c/l_w	0,7658	
Momento nominal flexionante, M_n (Tonf-m)	6,68	
Factor de reducción, ϕ	0,74	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	4,94	OK

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

Nuevo CSCR		
Resistencia nominal máxima a carga axial		
Área efectiva, Ae (cm ²)	960,00	
Inercia (cm ⁴)	11.520,00	
Radio de giro, r (cm)	3,46	
Relación de esbeltez, h/r	63,51	
Factor de modificación por esbeltez, FME	0,79	
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	59,30	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Capacidad nominal axial reducida, ϕP_n (Tonf)	50,40	OK
Resistencia nominal máxima a carga cortante		
Largo efectivo del muro, dv (cm)	69,65	
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	144,85	
Área neta efectiva de cortante, Anv (cm ² /m)	1.229,6	
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	8,19	
γ_g	1,00	
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	153,04	
Factor de reducción, ϕ	0,70	
Capacidad nominal Cortante reducido, ϕV_n (Tonf)	107,13	OK
Relación de carga, Mu/Vud	0,5554	
Límite de fuerza cortante, Vn (Tonf)	13,29	OK
Área de acero dentro de Anv, Asp (cm ² /m)	3,56	
Área neta entre EN y extremo en compresión, Anc (cm ²)	735,20	
Cortante en la base, Vn (Tonf)	16,77	
Cortante reducido en la base, ϕV_n (Tonf)	11,74	OK
Resistencia nominal máxima a momento flexionante		
α	0,1247	
β	0,6177	
c/lw	0,7658	
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf-m)	6,68	
Factor de reducción, ϕ	0,85	
Momento nominal flexionante reducido, ϕM_n (Tonf-m)	5,67	OK

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

	CSCR2010/14	Nuevo CSCR	Variación		
Resistencia nominal máxima a carga axial					
Capacidad nominal axial, Pn (Tonf)	59,30	59,30	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,74	0,85	12,86%		
Capacidad nominal axial reducida, ϕPn (Tonf)	43,92	50,40	12,86%		
Resistencia nominal máxima a momento flexionante					
Momento nominal flexionante, Mn (Tonf)	6,68	6,68	0,00%		
Factor de reducción, ϕ	0,74	0,85	12,86%		
Momento nominal flexionante reducido, ϕMn (Tonf-m)	4,94	5,67	12,86%		
Resistencia nominal máxima a carga cortante					
Capacidad a cortante del acero, Vs (Tonf)	90,53	144,85	37,50%		
Capacidad a cortante de la mampostería, Vm (Tonf)	2,74	8,19	66,58%		
γ_g	n/a	1,00			
Capacidad nominal cortante, Vn (Tonf)	93,27	153,04	39,06%		
Factor de reducción, ϕ	0,60	0,70	14,29%		
Capacidad nominal cortante reducido, ϕVn (Tonf)	55,96	107,13	47,76%		
Capacidad nominal cortante reducido del acero, ϕVs (Tonf)	54,32	97,06%	101,39	94,65%	-2,55%
Capacidad nominal cortante reducido mampostería, ϕVm (Tonf)	1,64	2,94%	5,73	5,35%	45,17%

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo (2021)

GLOSARIO

Aceleración pico efectiva: parámetro indicador de la sacudida sísmica en el sitio de cimentación para la zona sísmica correspondiente, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad.

Área bruta: es el área total de la sección considerada.

Área efectiva: es el área bruta menos el área de las celdas internas. dimensión real del elemento de mampostería.

Capacidad nominal sismorresistente: es la capacidad estructural de la edificación o de sus sistemas sismorresistentes, calculada a partir de las propiedades nominales de los materiales y de las dimensiones de sus elementos y componentes mediante métodos analíticos comúnmente aceptados.

Carga permanente: es la carga gravitacional o el peso de todos los componentes estructurales, así como de los sistemas y componentes no estructurales permanentes, tales como paredes, pisos techos y equipos de servicio fijos.

Carga sísmica: para efectos del diseño, es la sollicitación o demanda en la estructura producida por la sacudida sísmica.

Carga temporal: es la carga gravitacional adicional a la carga permanente debida a la ocupación de la edificación.

Carga última: es la resultante de una combinación extrema de cargas que la edificación debe ser capaz de resistir con algunos de sus elementos estructurales esforzados al límite de su capacidad.

Coefficiente sísmico: es un coeficiente utilizado para la determinación de las fuerzas sísmicas según la formula [5-1] del CSCR2010/14. Es función de la aceleración efectiva, del factor de importancia, I, de la obra, del factor espectral dinámico, FED, y de la sobrerresistencia, SR.

Columna de mampostería: es un elemento vertical construido con unidades de mampostería, unidas con mortero y rellenas de concreto fluido. Se caracteriza por ser un elemento libre de piso a piso.

Dimensiones nominales: en mampostería estructural, son las dimensiones reales de los elementos más el espesor de las juntas de mortero.

Mampostería: es un componente estructural construido mediante mampuestos o elementos individuales prefabricados, colados y ajustados conforme a determinado orden y unidos por medio de mortero.

Muro: es un componente estructural, usualmente en un plano vertical, que resiste cargas gravitacionales o fuerzas sísmicas. Por lo menos una de sus dimensiones horizontales debe ser significativa en relación con las alturas entre los niveles en los que está localizado.

Muro de carga: es un muro que soporta cargas verticales adicionales a su propio peso.

Viga de mampostería: es una viga construida especialmente con unidades de mampostería.