



Revista Arbitrada Venezolana
del Núcleo Costa Oriental del Lago



mpacto *Científico*

Universidad del Zulia

Junio 2021
Vol. 16 N° 1

ppi 201502ZU4641
Esta publicación científica en formato digital
es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 200602ZU2811 / ISSN:1856-5042
ISSN Electrónico: 2542-3207



**UNIVERSIDAD
DEL ZULIA**

**Núcleo Costa Oriental del Lago
Coordinación de Postgrado e Investigación
Cabimas - Venezuela**

mpacto *Científico*

**Revista Arbitrada Venezolana
del Núcleo LUZ-Costa Oriental del Lago**

Vol. 16. N°1 Enero - Junio 2021

Depósito legal ppi 201502ZU4641

La revista arbitrada venezolana del Núcleo LUZ-COL **Impacto Científico** es una publicación semestral multidisciplinaria de excelencia académica, que constituye un medio necesario para la difusión del quehacer científico en el campo de las ciencias humanas y sociales, las ciencias económicas y la ingeniería. Es auspiciada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia, VAC-Serbiluz.

Impacto Científico se presenta como una alternativa para la divulgación de investigaciones científicas en forma de artículos arbitrados para investigadores del Núcleo LUZ-COL, profesores e investigadores de otras instituciones nacionales e internacionales, cuyos trabajos encuadren dentro del perfil, filosofía, políticas y normas editoriales de la revista.

Revista arbitrada e Latindex (Catálogo), Actualidad Iberoamericana (Chile),
indizada en: The Library of Congress (USA), Revencyt (Venezuela)
REVZULCyT produccioncientificaluz.org (Venezuela),
CLASE (México), SciELO Venezuela, Biblioteca
Virtual Miguel de Cervantes (España), Biblioteca
Latinoamericana (México), EuroPub (Inglaterra), LivRe
(Brasil)

DR © Universidad del Zulia. 2021

Núcleo Costa Oriental del Lago.

Cabimas - Venezuela.

Diseño de portada: Jesús Mavárez

Diagramación y Corrector de Publicaciones: MSc. Adonis Marcano D.

Esta revista fue editada en formato digital y publicada en junio de 2021,
por el **Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia**
Maracaibo-Venezuela.

Impacto Científico. Revista arbitrada venezolana del Núcleo LUZ-COL.

Urb. Las 40, entre Calles 4 y 5. Cabimas, estado Zulia, Venezuela.

Teléfono: (0414) 6877466.

Correo electrónico: impactocientifico@gmail.com / impactocientifico@col.luz.edu.ve

URL: produccioncientificaluz.org / impactocientifico.wordpress.com

Sumario

PRESENTACIÓN	Pag. 7
Yajaira Alvarado	
ARTICULOS	
Estilos docentes para la aplicación de tecnologías de la información y comunicación en instituciones universitarias <i>Teaching styles for the application of information and communication technologies in university institutions.....</i>	13
Darnellis Pérez, María Gómez y Mirta Guevara	
Comportamientos prosociales en la institución educativa La Libertad de la Comuna 8 del municipio de Medellín - Colombia <i>Pro-social behaviors of the school coexistence in the educational institution La Libertad, in the 8th commune of the municipality of Medellín-Colombia.....</i>	21
Nidya Murillo Serna	
Componentes de calidad y satisfacción del cliente: Aproximaciones teóricas en las empresas de turismo de la Provincia Los Ríos, Ecuador. <i>Components of quality and customer satisfaction: Theoretical approaches in tourism companies in Los Ríos Province, Ecuador.....</i>	43
Irma Gaibor García	
Formación didáctica de la educación física en las instituciones educativas de básica primaria colombianas <i>Didactic training in physical education in colombian primary basic educational institutions.....</i>	55
Carlos Alberto Palacios y Sunny Perozo	
Eficiencia de las semillas de <i>Tamarindus indica</i> como coagulante en el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento urbano <i>Efficiency of the seeds of tamarindus indica as a coagulant in the treatment of water intended for urban supply.....</i>	73
Yoalis González, Yaxcelys Caldera, Danesa Villasmil, Nauyeli González y Yamilexi Ortiz	

Gobernabilidad para la gestión del riesgo en las organizaciones de economía social y solidaria. Un análisis desde la legislación ecuatoriana	
<i>Governance for risk management in social and solidarity economy organizations. An analysis from the ecuatoriana legislation.....</i>	87
Juan Gabriel Vacacela Pineda	
Modelización de la mampostería en el comportamiento de un edificio de hormigón armado	
<i>Modeling of masonry in the behavior of a reinforced concrete building.....</i>	99
Carlos Romero y Nelson López	
Violencia escolar: Inclusión de las teorías para su prevención en las mallas curriculares	
<i>School violence: inclusion of theories for its prevention in the curricular networks.....</i>	117
Oscar Rojas, Doris Solís y Guillermo Valdez	
Inteligencia emocional y su relación en el contexto empresarial	
<i>Emotional intelligence and its relationship in the business context.....</i>	131
Alicia Enríquez Cuadro, Elvis Aldaz Enríquez y Ernesto Cadena Álvarez	
Eficiencia en la implementación de programa de educación intercultural Bilingüe en el área de preescolar	
<i>Efficiency in the implementation of a bilingual intercultural education program in the preschool area.....</i>	141
Amely Vivas Escalante, Katihuska Mota y Manuel Valenzuela Saavedra	
Modelo de gestión del conocimiento para las unidades de investigación ambiental de una universidad venezolana	
<i>Knowledge management model for environmental research units of a Venezuelan university.....</i>	155
Lorena Fuentes e Iván Mendoza	
Redes sociales como herramienta en la educación a distancia. Una experiencia universitaria en Chile	
<i>Social networks as a tool in distance education. A university experience in Chile.....</i>	179
Marlenis Martínez, Carlos Concha y Albino González	

Abordaje metodológico para verificar la relación formación gerencial-productividad en las empresas familiares <i>Methodological approach to verify the managerial training-productivity relationship in family businesses.....</i>	195
Carlos Velasquez	
Formación de postgrado en Gerencia de la Innovación <i>Postgraduate training in Innovation Management.....</i>	205
César Ramos Parra, Carlos García, María Mármol, Cira González y Carynel Ávila	
Instrucciones a los autores.....	219

Modelización de la mampostería en el comportamiento de un edificio de hormigón armado

Carlos Romero y Nelson López
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
cromero@ups.edu.ec

Resumen

El diseño actual de las edificaciones se basa en modelos teóricos que contemplan únicamente los elementos estructurales resistentes. Los cerramientos y particiones en los edificios son considerados como elementos no estructurales. Sin embargo, en presencia de un sismo, aportan rigidez modificando la magnitud y distribución de los esfuerzos. Un análisis más detallado debe considerar la interacción de la mampostería para considerar el comportamiento real de la estructura. El objetivo de esta investigación fue desarrollar de forma sintética un análisis sismo resistente de un edificio de hormigón armado mediante el uso del software Cypecad, por medio de dos modelos teóricos, el primero considerando únicamente los elementos resistentes, el otro con la interacción de la mampostería no estructural con la edificación, utilizando para el cálculo de las propiedades de la diagonal equivalente (biela de compresión) el modelo matemático de Liauw & Kwan. De los resultados obtenidos se tiene que; El cortante en el nivel de piso blando se incrementa en promedio un 21.5% según las direcciones de análisis "X" y "Y". La deriva en el nivel de piso blando aumenta 5.25%, con respecto al edificio considerado con solo elementos resistentes. El periodo fundamental de vibración de la estructura con la interacción de la mampostería no agrietada disminuye en aproximadamente 40% con respecto al valor obtenido en el edificio considerado con solo elementos resistentes.

Palabras claves: Mampostería; comportamiento sismo resistente; hormigón armado; Cypecad.

Modeling of masonry in the behavior of a reinforced concrete building

Abstract

The current design of the buildings is based on theoretical models that contemplate only the resistant structural elements. Enclosures and partitions in buildings are considered as non-structural elements. However, in the presence of an earthquake, they provide stiffness by modifying the magnitude and distribution of efforts. A more detailed analysis should consider the interaction of the masonry to consider the current structure behavior. The objective of this research was to synthetically develop a resistant earthquake analysis of a reinforced concrete building using Cypcad software, based on two theoretical models; the first one considers only the resistant elements; the other considers the interaction of the masonry non-structural with the building, using the Liauw & Kwan's mathematical model to calculate of the properties equivalent diagonal width (compression rod). The results obtained must be; The shear on the soft floor level is increased by an average of 21.5% according to the analysis directions "X" and "Y". The drift in the soft floor level increases 5.25%, with respect to the building considered with only resistant elements. The fundamental vibration period of the structure with the interaction of the uncracked masonry decreases by approximately 40% in contrast with the value obtained in the building considered with only resistant elements.

Keywords: Masonry; earthquake resistant behavior; reinforced concrete; Cypcad

Introducción

El estudio de los efectos producidos sobre los edificios como consecuencia de un sismo, pone de manifiesto la necesidad de potenciar el uso de herramientas de cálculo que faciliten el análisis de las estructuras sometidas a acciones sísmicas de forma más realista que consideran la interacción de la mampostería no estructural con la edificación. Por lo tanto, este trabajo de investigación se basa en un análisis sintético del comportamiento sismo resistente de un edificio de hormigón armado de 13,60 metros de altura, ubicado en la Parroquia Quitumbe Cantón Quito Provincia de Pichincha, Ecuador, para uso de vivienda, de 6 plantas constituido por pórticos con luces que oscilan entre los 3 y 5,3 m, columnas de 55x50, vigas de 40x55 y losa casetonada de 25 cm de espesor.

El análisis estructural sismo resistente fue realizado, con el uso del software Cypcad (2017), los requisitos establecidos en norma NEC-SE-DS (2015) y el modelo matemático para el cálculo de las propiedades de la diagonal equivalente de Liauw & Kwan (1984), para esto fueron desarrollados dos modelos teóricos, el primero

considerando únicamente los elementos resistentes, el segundo con la influencia de la mampostería y piso blando. De los resultados se recomienda fundamentalmente amplificar en aproximadamente 21.5% el cortante de diseño de la edificación con solo elementos resistentes, en el nivel de piso blando por ausencia de la mampostería.

Metodología

Descripción geométrica del modelo teórico

Se trata de un edificio de hormigón armado, cuya distribución en planta, se muestra en la figura 1, de 6 niveles (planta baja, cuatro entrepisos, un nivel de techo y una tapa grada), constituido por pórticos con luces que oscilan entre los 3 y 5,3 m. La mampostería nace desde el nivel 1, los pórticos están formados por columnas de sección 55x50cm y vigas 40x55cm, como se muestra en la figura 2, la altura de entrepiso es 2.72 m, como se muestra en la figura 3. El sistema de piso es una losa nervada armada en dos direcciones (placa) de 25 cm de espesor. La resistencia a la compresión del concreto es 250 kg/cm² y la fluencia del acero de refuerzo 4200 kg/cm².

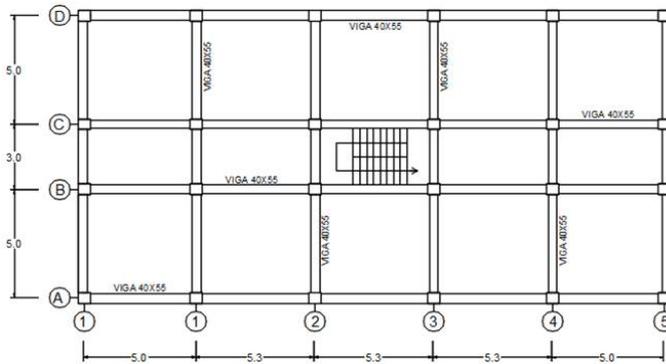


Figura 1. Distribución de pórticos en planta

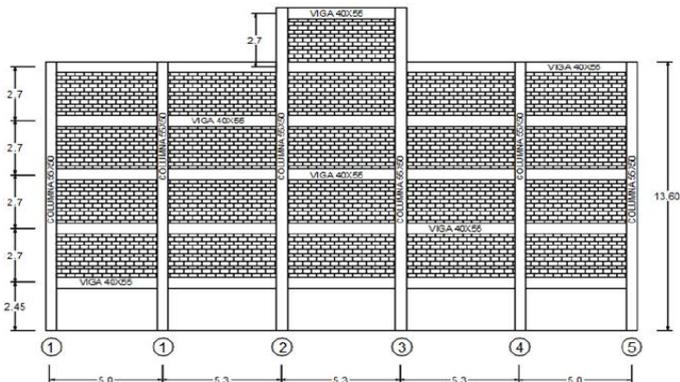


Figura 2. Distribución y tamaño de sección de columnas y vigas
Elaboración propia (2019)

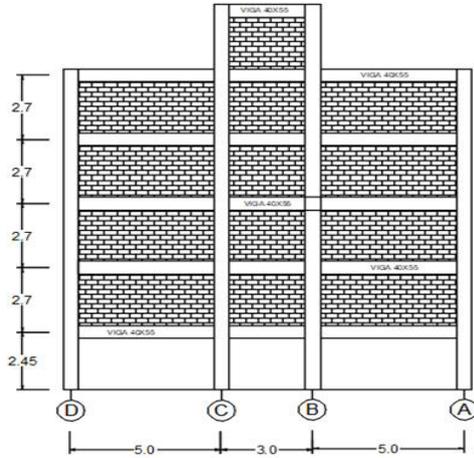


Figura 3. Distribución de la altura de entrespiso
Elaboración propia (2019)

Análisis estructural de los modelos teóricos

El análisis estructural fue realizado con el software Cypecad (2017) el mismo consistió en la realización de dos modelos teóricos, el primero considerando únicamente los elementos resistentes, como se muestra en la figura 4, el segundo incluyendo la interacción de la mampostería con piso blando (Planta baja), como se muestra en la figura 5.

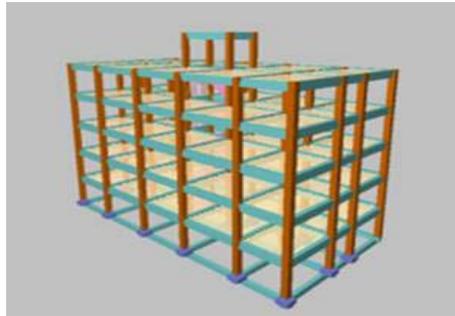


Figura 4. Modelo estructural con solo elementos resistentes en Cypecad
Elaboración propia (2019)

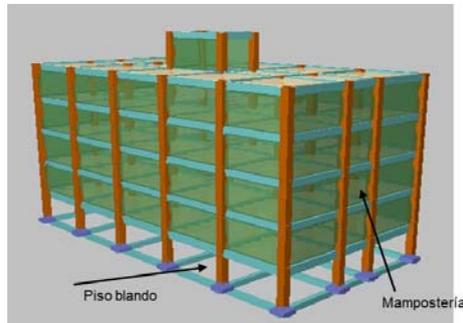


Figura 5. Modelo estructural con interacción de la mampostería en Cypecad
 Elaboración propia (2019)

Los modelos fueron realizados en dos partes; una de las partes que contenía la geometría del edificio, dimensiones de los elementos y altura de entrepiso, como se muestra en las figuras 1, 2 y 3, y la introducción de cargas de gravedad según NEC-SE-CG (2015), como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de cargas de gravedad por nivel

Nivel	Carga permanente (t/m ²)	Carga variable (t/m ²)
Nivel tapa grada	0.35	0.10
Nivel de techo	0.35	0.10
4	0.57	0.20
3	0.57	0.20
2	0.57	0.20
1	0.57	0.20
Planta baja	0.57	0.20

Elaboración propia (2019)

Luego los parámetros para el cálculo del espectro de diseño, según NEC-SE-DS (2015), como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros para definir el espectro de diseño

Norma	NEC-SE-DS (2015)
Método de análisis	Dinámico modal espectral acción sísmica en x / y
Fracción de sobrecarga de uso	0
Factor multiplicador del espectro	1.00
Coefficiente de reducción x / y	8/8
Coefficiente de regularidad en planta / elevación	1.00/1.00
Altura de edificio	13.60
Tipología estructural x/y	III/III
Zona sísmica	V
Tipo de suelo	D
Importancia de la obra	Otras estructuras

Elaboración propia, adaptado NEC-SE-DS (2015)

En la figura 6, se muestra el espectro de diseño

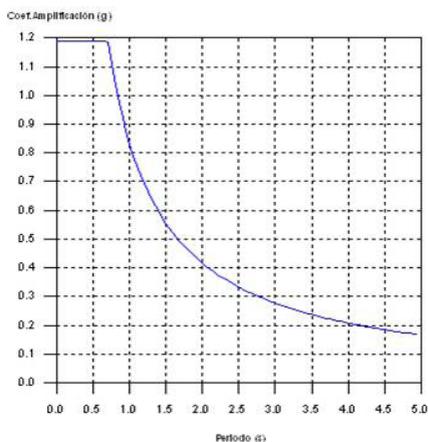


Figura 6. Definición del espectro de diseño
Elaboración propia, adoptado Cypecad (2017)

Seguidamente la resistencia a la compresión del mortero, según NTE INEN 2518 (2010) como se muestra en la tabla 3 y de la pieza de concreto (bloque), según Robalino, Peña herrera, Tilo y López (2015), como se muestra en la tabla 4.

Tabla 3. Caracterización de los morteros

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión (Mpa)	Retención de agua % min	Contenido de aire % max	Relación de áridos (medidos en condición húmeda suelta)
Cemento para mampostería	M	17,2	75	18	No menos de que 2 1/4" y no más de 3 1/2" veces los volúmenes separados de materiales
	S	12,4	75	18	
	N	5,2	75	20 ^D	
	O	2,4	75	20 ^D	

Fuente: NTE INEN 2518 (2010)

Tabla 4. Requisitos de resistencia que deben cumplir los bloques huecos de concreto

Tipo de bloque	Uso	Resistencia mínima a la compresión a los 28 días (MPa)
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento	6
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga con o sin revestimiento	4
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento	3
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores con o sin revestimiento	2.5
E	Losas alivianadas de hormigón armado	2

Fuente: Robalino, Peña herrera, Tilo y López (2015)

En la figura 7, se muestran los valores introducidos en el software Cypecad; espesor del bloque de hormigón hueco, resistencia a la compresión del mortero y pieza.

Figura 7. Características del bloque y mortero

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Con los valores de referencia de la figura 7, se determinan las propiedades mecánicas; módulo de elasticidad y resistencia a la compresión de la mampostería, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Propiedades mecánicas de la mampostería

Propiedad	Valor (MPa)
Módulo de elasticidad (E_m)	1431
Resistencia característica (f'_m)	1.43

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Los resultados que se muestran en la tabla 5, cumplen, los requerimientos establecidos según NEC-SE-MP (2015), debido a que el valor del módulo de elasticidad de la mampostería en ausencia de datos experimentales puede determinarse por la ecuación 1.

$$E_m = 900 f'_m \leq 20000 \text{ MPa} \quad (1)$$

Donde:

E_m módulo de elasticidad de la mampostería; f'_m resistencia a la compresión de la mampostería.

$$E_m = 900 \times 1.43 = 1287 \text{ MPa} \leq 20000 \text{ MPa}$$

Seguidamente como la mampostería en interacción con la estructura, actúa como una biela de compresión, se determinan las propiedades para el cálculo del ancho efectivo de la diagonal equivalente, como se muestra en la figura 8. Para esto, muchos investigadores, según Aguiar (2008) han desarrollados modelos matemáticos. Sin embargo, mediante la propuesta de Liauw & Kwan (1984), con el uso las ecuaciones 2 y 3, el valor de la rigidez lateral del pórtico está más cercano al promedio, según modelos teóricos desarrollados, según Trujillo (2008).

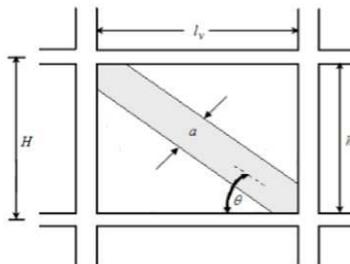


Figura 8. Ancho efectivo de diagonal (biela de compresión).

Fuente: Trujillo (2008)

$$a = \frac{0.95 h \cos \theta}{\sqrt{\lambda H}} \quad (2)$$

$$\lambda = \left[\frac{E_m t \operatorname{sen} 2\theta}{4 E_c I_{col} h} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

Donde:

E_m es el módulo de elasticidad de la mampostería; θ es ángulo cuya tangente viene dada por la relación h / l_v ; E_c es el módulo de elasticidad de las columnas; I_{col} es el momento de inercia promedio de las columnas adyacentes; t es espesor de la mampostería.

En la figura 9, se muestra las propiedades de una de las bielas ubicadas entre las columnas C19 – C20 del forjado (nivel) 1 y 2, en el software Cypecad (2017), según el modelo matemático propuesto por Liauw y Kawn (1984).

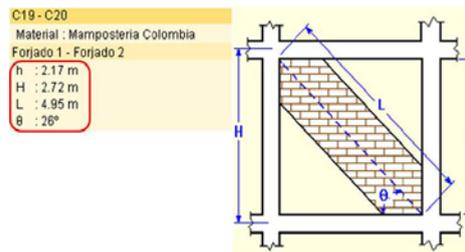


Figura 9. Propiedades de una biela de compresión
Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

En la tabla 6, se observa el cálculo manual de las propiedades de la biela C19 – C20, se evidencia que los resultados coinciden con los arrojados por el software Cypecad (2017), como se muestra en la figura 9.

Tabla 6. Propiedades de la biela cálculo manual

Datos	(m)	Resultados
Altura de entrepiso (H)	2,72	h 2,17
Altura de viga (Av)	0,55	Lv 4,45
Separación entre columnas (Sep)	5	L 4,95
Ancho de columna (Ac)	0,55	θ 26,01

Elaboración propia (2019)

La otra parte el control del comportamiento sismo resistente de los modelos teóricos según NEC-SE-DS (2015), para esto, el período de vibración (T) para cada dirección de análisis de la estructura, se determina según la ecuación 4.

$$T = CtHn^\infty \quad (4)$$

Dónde:

T es periodo de vibración; Ct es coeficiente que depende del tipo de edificio, como se muestra en la tabla 7; Hn es altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

Tabla 7. Valores de Ct y α según tipo de edificio

Tipo de estructura	Ct	α
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigizadoras	0.055	0.9

Fuente: NEC-SE-DS (2015)

El número de modos de vibración debe ser todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas, según NEC-SE-DS (2015:66)

El ajuste del corte basal por el análisis dinámico, no deberá ser menor que los valores indicados en la tabla 8.

Tabla 8. Cortante basal mínimo

Estructuras regulares	< 80% del corte basal V obtenido por el método estático
Estructuras irregulares	< 85% del corte basal V obtenido por el método estático

Fuente: NEC-SE-DS (2015)

Los límites permisibles de las derivas inelásticas no deben exceder el valor máximo establecido, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Límites de derivas inelásticas

Estructuras de	ΔM máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02

Fuente: NEC-SE-DS (2015)

Resultados y discusión

Primeramente, se muestran los resultados obtenidos del modelo considerando únicamente los elementos resistentes, como se muestra en las tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. Periodo fundamental, porcentaje de masa desplazada en (M_x) y (M_y)

Modo	T	M_x	M_y
Modo 1	0.547	81.94 %	0 %
Modo 2	0.538	0 %	82.5 %
Modo 3	0.467	0 %	0 %
Modo 4	0.178	10.41 %	0 %
Modo 5	0.177	0 %	10.35 %
Total		92.35 %	92.85 %

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

La columna 2, de la tabla 10, muestra el periodo fundamental de vibración (T) de la edificación en las direcciones principales de análisis, los cuales corresponden; 0.547 y 0.538, dicho resultado es menor al establecido según NEC-SE-DS (2015), el cual corresponde a 0.57 calculado por medio de la ecuación 4, como se muestra a continuación:

$$T=0.05 (13.60)^{0.90}=0.57$$

Las columnas 3 y 4, de la tabla 10, muestran el porcentaje de masa participativa obtenido por cada dirección de análisis, $M_x=92.35\%$, $M_y=92.85\%$, dichos resultados cumplen con el valor establecido según NEC-SE-DS (2015), el cual corresponde a 90%, como mínimo.

Tabla 11. Verificación del cortante basal dinámico

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Cortante actuante (Ton)	Cortante por norma (Ton)	Factor de amplificación
Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$	310.8239	300.3697	N.A.
Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$	312.7546	300.3697	N.A.

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

En la columna 5 de la tabla 11, se muestra el factor de modificación del cortante basal, cuyo coeficiente no aplica (N.A), dado que el cortante actuante en las direcciones de análisis columna 3, es mayor al mínimo establecido según NEC-SE-DS (2015), como se muestra en la columna 4.

Tabla 12. Derivas inelásticas

Planta	Desplazamiento en dirección "X" (mm)	Δe	Deriva en "X" (Δm)	Desplazamiento en dirección "Y" (mm)	Δe	Deriva en "Y" (Δm)
0	0	0	0	0	0	0
1	3.94	0.0015	0.0090	3.98	0.0015	0.0090
2	7.52	0.0013	0.0080	7.56	0.0013	0.0078
3	10.24	0.0010	0.0060	10.28	0.0010	0.0060
4	12.09	0.0007	0.0042	12.14	0.0007	0.0042
5	13.36	0.0005	0.0030	13.23	0.0004	0.0024

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

La tabla 12, muestra el resultado de las derivas inelásticas por dirección de análisis las cuales fueron calculadas con las ecuaciones 4 y 5, dichos resultados, como se observan en las columnas 4 y 7, están dentro de lo permisible, según NEC-SE-DS (2015), como se muestra en la columna 2 de la tabla 9.

$$\Delta e = \frac{d_i - d_{i-1}}{h} \tag{4}$$

Donde:

Δe desplazamiento entre pisos consecutivos; d_i desplazamiento del piso i ; d_{i-1} desplazamiento del piso $i-1$; h altura de entrepiso, como se muestra en la figura 3.

$$\Delta m = 0.75 \cdot R \cdot \Delta e \tag{5}$$

Donde:

R coeficiente de reducción, como se muestra en la tabla 2; Δe desplazamiento entre pisos consecutivos, ecuación 4.

Seguidamente, se muestran los resultados del modelo considerando la interacción de la mampostería y piso blando, como se muestra en la tabla 13 hasta 18 y figura 10 hasta 14.

Tabla 13. Periodo fundamental, porcentaje de masa desplazada en (M_x) y (M_y)

Modo	T	M_x	M_y
Modo 1	0.324	94.29 %	0 %
Modo 2	0.377	0 %	91.33 %
Modo 3	0.277	0 %	0 %
Total		94.29 %	91.33 %

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Tabla 14. Periodo fundamental, porcentaje de masa desplazada en (M_x) y (M_y), estado de agrietamiento de la mampostería X4

Modo	T	M_x	M_y
Modo 1	0.565	82.01%	0 %
Modo 2	0.384	0 %	91.16 %
Modo 3	0.306	0 %	0 %
Modo 4	0.183	10.45 %	0 %
Total		92.46 %	91.16 %

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Tabla 15. Periodo fundamental, porcentaje de masa desplazada en (M_x) y (M_y), estado de agrietamiento de la mampostería Y5

Modo	T	M_x	M_y
Modo 1	0.556	0 %	82.57 %
Modo 2	0.454	42.45 %	0 %
Modo 3	0.367	49.16 %	0 %
Modo 4	0.182	0 %	10.33 %
Total		91.61 %	92.9 %

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Tabla 16. Verificación del cortante basal dinámico

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Cortante actuante (Ton)	Cortante por norma (Ton)	Factor de amplificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$	336.4135	324.8456	N.A.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$	338.5231	324.8456	N.A.

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Tabla 17. Derivas en dirección de análisis "X" y "Y"

Planta	Desplazamiento en dirección "X" (mm)	Δe	Deriva en "X" (Δm)	Desplazamiento en dirección "Y" (mm)	Δe	Deriva en "Y" (Δm)
0	0	0	0	0	0	0
1	4.24	0.0016	0.0094	4.44	0.0016	0.0096
2	8.09	0.0014	0.0084	8.43	0.0015	0.0090
3	10.99	0.0010	0.0060	11.37	0.0010	0.0060
4	12.94	0.0007	0.0042	13.33	0.0007	0.0042
5	14.20	0.0004	0.0024	15.28	0.0007	0.0042

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

En la columna 2 de la tabla 13, se aprecia que el periodo fundamental de la estructura en las direcciones principales de análisis considerando la mampostería sin agrietar, corresponde $T = 0.324$ y 0.377 , mientras que para los sucesivos estados de agrietamientos X_4 y Y_5 columnas 2, tablas 14 y 15 $T = 0.565$ y 0.556 , lo que indica que ya el cerramiento está completamente fisurado, dado que el periodo de vibración obtenido es incluso mayor al valor obtenido del edificio considerando solo elementos resistentes, como se muestra en la columna 2 de la tabla 10.

En la columna 5 de la tabla 16, se muestra que el factor de modificación del cortante basal, el cual no aplica (N.A), dado que el efecto actuante en las direcciones de análisis columna 3, es mayor al mínimo establecido según NEC-SE-DS (2015), como se muestra en la columna 4.

Mientras en la tabla 17, se muestra el resultado de los desplazamientos relativos entre pisos consecutivos (derivas) por dirección de análisis, se evidencia en las columnas 4 y 7, que todos los valores calculados con las ecuaciones 4 y 5, están dentro de lo permisible, según NEC-SE-DS (2015), como se muestra en columna 2 de la tabla 9.

Tabla 18. Cortante por piso según modelos teóricos y dirección de análisis "X" y "Y"

Nivel	Cortante en "X" edificio solo elementos resistentes	Cortante en "X" edificio con mampostería	Porcentaje de incremento del cortante en dirección "X"	Cortante en "Y" edificio solo elementos resistentes	Cortante en "Y" edificio con mampostería	Porcentaje de incremento del cortante en dirección "Y"
0	308,00	383.48	24.50%	310,08	371.23	19.72%
1	289,78	5.31	-	290,05	72.45	-
2	243,97	52.53	-	244.34	85.45	-
3	173,72	31.10	-	173,23	56.19	-
4	83,86	6.73	-	83,65	15.31	-
5	5,64	0.03	-	5,6	1.84	-

Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

En la tabla 18, se muestra los resultados del cortante de piso por nivel, dirección de análisis y modelo. En la fila 1, columnas 4 y 7 se evidencia un incremento de cortante en el nivel de planta baja (piso blando) de 24.50%, en la dirección de análisis "X", mientras que en la dirección de análisis "Y" el valor se incrementa en 19.72%. En las figuras 10 y 11 se muestran gráficamente los resultados.

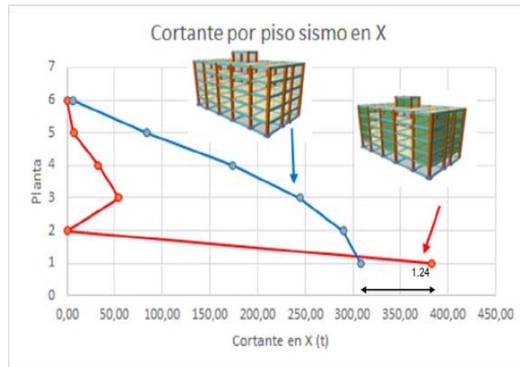


Figura 10. Cortante por piso dirección de sismo "X"
Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

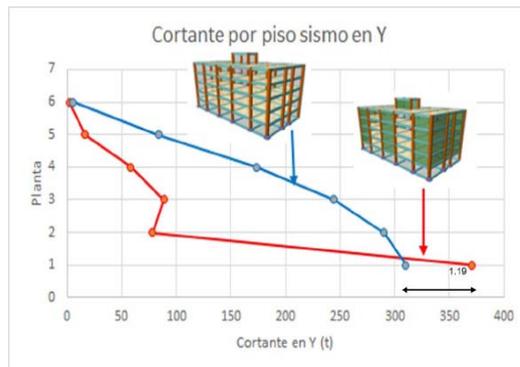


Figura 11. Cortante por piso dirección de sismo "Y"
Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)



Figura 12. Derivas dirección de sismo "X"
Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)



Figura 13. Derivas dirección de sismo "Y"
Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

Las figuras 12 y 13, muestran los resultados obtenidos de las derivas entre los modelos teóricos, se observa un incremento promedio según las direcciones de análisis de aproximadamente 5.25% en los desplazamientos relativos del edificio en el nivel de piso blando con respecto al edificio analizado considerado únicamente con los elementos resistentes.

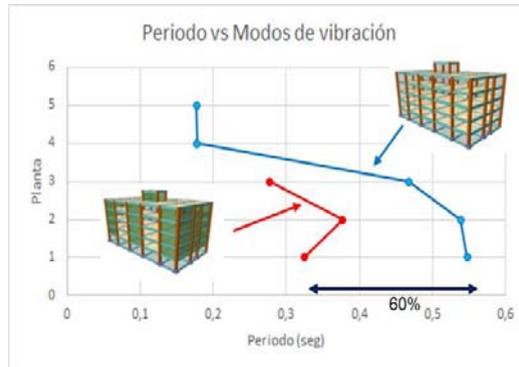


Figura 14. Periodo de vibración
Elaboración propia, adaptado Cypecad (2017)

La figura 14, muestra los valores obtenidos del periodo fundamental entre los modelos teóricos, se observa mayor rigidez en el edificio con la interacción del cerramiento, dado que el periodo resulta ser aproximadamente el 60% del valor obtenido en el edificio considerado con solo cerramiento.

Conclusiones

La mampostería no estructural con interacción de la estructura es específica para cada caso. Sin embargo, en todas las situaciones durante un sismo, aporta rigidez a la estructura, modificando la distribución y magnitud de los esfuerzos provocados por la acción sísmica, pudiendo generar efectos indeseados. Para el caso de estudio se tiene que:

El cortante en el nivel de piso blando en las direcciones de análisis "X" y "Y" se incrementa en promedio 21.5%. Lo que indica un factor amplificante que debe ser considerado en el diseño de la edificación con solo elementos resistentes.

La deriva en el nivel de piso blando se incrementa en promedio 5.25% según las direcciones de análisis, con respecto al edificio considerado con solo elementos resistentes.

La interacción de la mampostería no estructural con la edificación aumenta la rigidez lateral de la edificación, disminuye el periodo fundamental de la estructura en aproximadamente 40% del valor obtenido en el edificio considerado con solo elementos resistentes.

Referencias bibliográficas

- Aguiar R. (2008). Análisis Sísmico de Edificios. Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas. p.p. 704
- Carrillo C. (2008). Comparación de la respuesta sísmica incorporando y desacoplando la mampostería y técnicas de reforzamiento. Tesis de Grado para optar al título de Ing. Civil. Escuela Politécnica del Ejército, 200p. Quito.
- CYPECAD (2017). Software for Architecture, Engineering and Construction, CYPE Ingenieros S.A.
- NEC-SE-CG (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción, Cargas no Sísmicas.32p
- NEC-SE-DS (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente. 147p
- NEC-SE-MP (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción, Mampostería Estructural.60p
- NTE INEN 2518 (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización.25p.
- Liauw, T y Kwan, K. (1984). Nonlinear behaviour of non-integral infilled frames, Computers & Structures 18(3), 551-560.
- Robalino, C. Peña herrera, L. Tilo, D. y López M (2008). Estudio de las propiedades mecánicas de mampostería de bloques de hormigón en edificaciones del valle de los chillos que iniciaron su construcción durante el año 2014. Revista Ciencia Vol. (17), No 1, 2015, 147-157.