

RESEARCH ARTICLE

Análisis técnico entre Steel Framing y Hormigón Armado en estructuras regulares

Erik J. Chavez Amaguaña  Jonnathan R. Lalangui García  David P. Guerrero Cuasapaz 

Universidad Politécnica Salesiana, Departamento de Ingeniería Civil – Quito, Ecuador

✉ Correspondencia: dguerrero@ups.edu.ec  +593 99 576 1929

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj51010>

Resumen: El uso de diferentes alternativas para la construcción implica de igual manera un correcto análisis y diseño aplicando normativas y recomendaciones, con el fin de obtener estructuras sismorresistentes. La presente investigación tuvo como finalidad evaluar comparativamente doce modelos estructurales con diferentes tipos de cubiertas (dos, cuatro y múltiples aguas), separadas en Hormigón Armado y Steel Framing. Mismos que cumplieron con los parámetros sismorresistentes establecidos en la NEC-SE-DS-2015. Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante gráficas analíticas y comparativas que demostraron que las estructuras de Steel framing son significativamente más livianas con respecto al Hormigón Armado encontrando una disminución del 94,1 %; lo que influye directamente con los cortantes dinámicos y estáticos. El sistema Steel framing es de baja ductilidad, eso no significa que sea un material que no resista fuerzas sísmicas ya que es un sistema de masa reducida y de gran rigidez debido a que se colocan arriostramientos diagonales en los paneles de los muros, esto permite que las oscilaciones de un sismo sean de alta frecuencia en periodos muy bajos concluyendo que las estructuras son adecuadas.

Palabras claves: Cortante estático, cortante dinámica, estructura, hormigón armado, steel framing.

Technical analysis between Steel Framing and Reinforced Concrete in Regular Structures

Abstract: The use of different alternatives for construction also implies a correct analysis and design applying regulations and recommendations, in order to obtain seismic-resistant structures. The purpose of this research was to comparatively evaluate twelve structural models with different types of roofs (two, four and multiple waters), separated in Reinforced Concrete and Steel Framing. These models complied with the seismic-resistant parameters established in the NEC-SE-DS-2015. The results obtained were evaluated by means of analytical and comparative graphs that showed that Steel framing structures are significantly lighter with respect to reinforced concrete, finding a 94.1% reduction, which directly influences the dynamic and static shear. The Steel framing system has low ductility, but this does not mean that it is a material that does not resist seismic forces since it is a system of reduced mass and high stiffness due to the fact that diagonal bracing is placed in the wall panels, which allows the oscillations of an earthquake to be of high frequency in very low periods, concluding that the structures are adequate.

Keywords: Static shear, dynamic shear, structure, reinforced concrete, steel framing.



Cita: Chavez Amaguaña, E. J., Lalangui García, J. R., & Guerrero Cuasapaz, D. P. (2022). Análisis técnico entre Steel Framing y Hormigón Armado en estructuras regulares. Green World Journal, 5(1), 010. <https://doi.org/10.53313/gwj51010>

Received: 03/January/2022
Accepted: 18/February/2022
Published: 22/February /2022

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2022 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introducción

A pesar de ser considerada como una tecnología nueva, el origen del Steel Framing se remonta al inicio del siglo XIX. De hecho, históricamente se inicia con las casas de madera construidas por colonizadores en el territorio norteamericano en esa época.

A partir de ahí, las construcciones en madera se convirtieron en la tipología residencial más común en los Estados Unidos, en 1933 producto de un gran desarrollo industrial del acero se lanzó en la feria mundial de la construcción en Chicago, el primer prototipo de una residencia construida a través del Steel Framing que utilizó perfiles de acero en lugar de una estructura de madera [1].

El Steel Framing es utilizado en otros países de América latina como: Colombia y Chile que han sufrido fenómenos naturales a causa de terremotos y han evolucionado en su manera de construir, en nuestro país se pudo observar que frente al desastre del 2016 varias estructuras no cumplían con parámetro alguno de diseño sismorresistente. La finalidad del estudio es dar a conocer un nuevo proceso constructivo que pueda presentar características sismorresistentes que sean adecuadas a fenómenos naturales como lo ocurrido en el año 2016.

En lo que respecta al sistema constructivo Steel Framing se puede expresar como un sistema estructural con varias ventajas y beneficios constructivos los cuales son: un sistema estandarizado de tecnología avanzada, alta durabilidad, resistencia, aislamiento térmico, construcción en seco, facilidad de montaje y flexibilidad arquitectónica; debido a que se adapta a proyectos de viviendas unifamiliares hasta construcciones mixtas. Teniendo como un dato referencial a la empresa Ecoliving, expone que el sistema Steel Framing es un 75 % más liviano que el sistema tradicional [2].

Se utilizó una herramienta de elementos finitos (Sap2000), que permite modelar y chequear estructuras regulares de Hormigón Armado y Steel Framing en parámetros sismorresistentes [3] [4]. Mediante la recolección de información que se enfoca en Steel Framing recomienda que el sistema constructivo trabaje con suelos de perfiles tipo A, B y C guiados por la normativa ASCE 7-10 que es equivalente a la NEC-SE-DS, 2015; La presente investigación trabajó con un perfil de suelo D, debido que es el suelo más predominante en el Ecuador, esto se pudo notar gracias al estudio de la Unidad Nacional Metro de Quito (UNMQ) que expone que la ciudad de Quito está compuesta en un 80 % de cangahua (suelo rígido), que es un suelo de perfil tipo D [5] [6] [7].

1. Materiales y métodos

2.1 Vista (3D) de los sistemas constructivos

Se realizó un render de los modelos de estudio como se observa en la Figura 1, con la finalidad de mejor apreciación de las estructuras y cubiertas. Para poder observar las características arquitectónicas de cómo se plasmaría en la realidad.

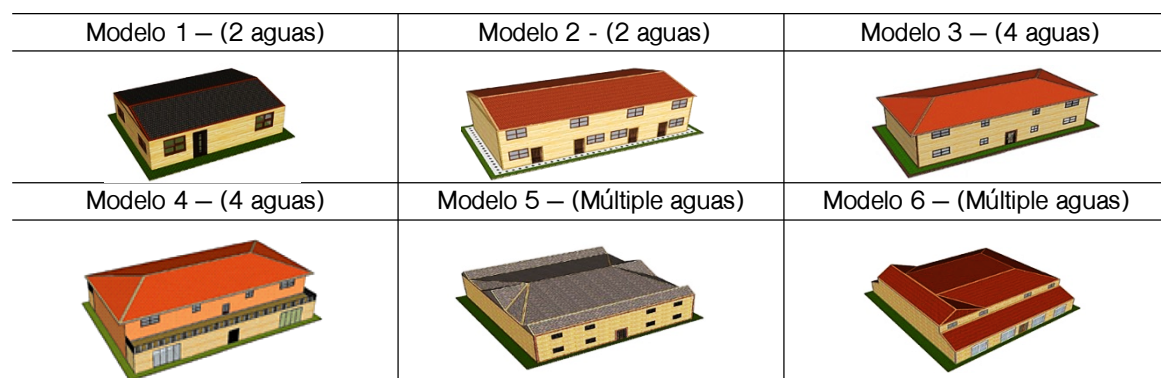


Figura 1. Modelos arquitectónicos (vista 3D)

2.2 Arquitectura de los modelos

Se muestra la vista en planta de la Figura 2, de los modelos de estudio para una mejor apreciación de luces y cubiertas.

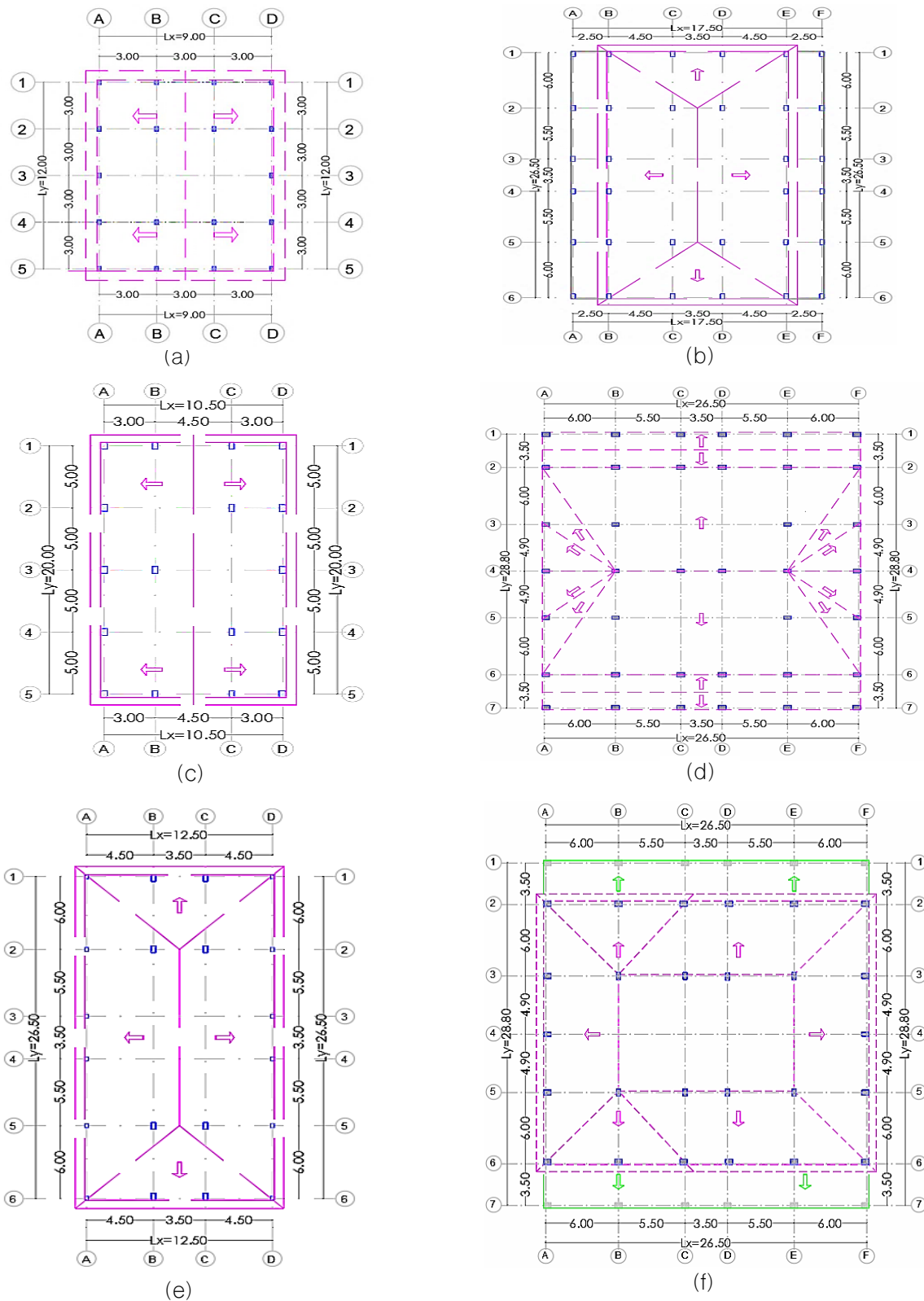


Figura 2. Vista en planta: (a) Modelo 1; (b) Modelo 2; (c) Modelo 3; (d) Modelo 4; (e) Modelo 5; (f) Modelo 6

Se analizó seis modelos de viviendas unifamiliares de uno a dos niveles, con diferentes tipos de complejidad en sus cubiertas, áreas y distribuciones arquitectónicas. En la Tabla 1 se muestran las características de los modelos estudiados.

Tabla 1. Características de los modelos

Especificaciones técnicas					
Modelos	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	A (m ²)	Cubierta
M1	9,0	12,0	3,8	108,0	2 aguas
M2	10,5	20,0	7,4	210,0	2 aguas
M3	12,5	26,5	7,4	331,3	4 aguas
M4	17,5	26,5	7,4	463,8	4 aguas
M5	26,5	28,8	8,0	763,2	múltiple
M6	26,5	28,8	8,0	763,2	múltiple

Las estructuras que forman parte de la investigación fueron modeladas considerando los materiales que se muestran en la Tabla 2 [8] [9].

Tabla 2. Materiales: Hormigón Armado (a); Steel Framing (b)

(a)		(b)	
Material	Valor	Material	Valor
f'_c	20,59 [Mpa]	γ_{ace}	78500 [N/m ³]
f'_y	411,88[Mpa]	f'_y	344.74[Mpa]
E	$4,7*\sqrt{f'_c}$	E	203395.32[Mpa]

Para esta investigación se utilizó los catálogos de la empresa Tugalt tanto con perfiles (G) y (C) para los modelos de Steel Framing. Se realizó prediseños, diseños según la arquitectura y el área del proyecto; tomando en cuenta las características de los materiales y los parámetros normados para la delimitación de los elementos estructurales [10] [11].

2.3 Sistema aporticado de Hormigón Armado.

El sistema aporticado se encuentra conformado por columnas y vigas, a partir de las dimensiones de las mismas; se logran controlar los desplazamientos bajo cargas horizontales cumpliendo los límites permitidos de deriva, usado generalmente en zonas de baja, media y alta sismicidad [12] [13].

2.4 Sistema constructivo de Steel Framing.

Es un sistema constructivo que utiliza perfiles de acero galvanizado, siendo un sistema liviano y resistente. Los marcos de acero galvanizado son un sistema constructivo que han tenidos fuertes demandas después de diversos casos de terremoto como en el caso de Chile en el año 2015.

2.4.1 Paneles estructurales

Están sometidos a cargas horizontales de viento y vibraciones sísmicas como igualmente a cargas verticales que son de entrepisos, tejados y otros paneles. Por lo tanto, la principal función de los paneles consiste en resistir estos esfuerzos y transmitirlos a sus cimientos. Los paneles están compuestos por una cantidad de elementos de perfiles (G), llamados montantes y elementos horizontales transversales tipo (C) denominados soleras [14].

2.4.2 Paneles no estructurales

No soportan ningún tipo de carga y son utilizados a modo de pared o separación en el lugar requerido para satisfacer la distribución arquitectónica que se le dio a la estructura. Como no soportan carga no necesitan ser rigidizados, es suficiente con el recubrimiento que se le da y en caso de aberturas para puertas y ventanas su configuración es mucho más sencilla, ya que no necesitan dinteles o puntales. En la Figura 3 se muestran las partes de un esquema de panel de Steel Framing [15].

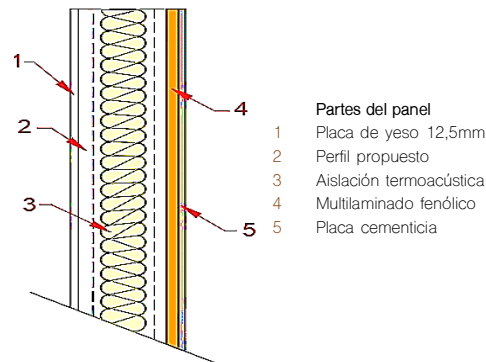


Figura 3. Panel de Steel Framing [5].

2.4.3 Entrepisos

El Steel Framing trabaja con dos tipos de entrepiso los cuales son entrepiso seco y húmedo, por información recopilada en catálogos, manuales, se aprecia que el entrepiso seco sobresale en el mercado. Partiendo con ventajas en la que destaca su seguridad, resistente al fuego, hongos y recalando que su principal premisa es ser liviana. En la Figura 4 se muestran las partes correspondientes de un esquema de entrepiso seco [5] [16].

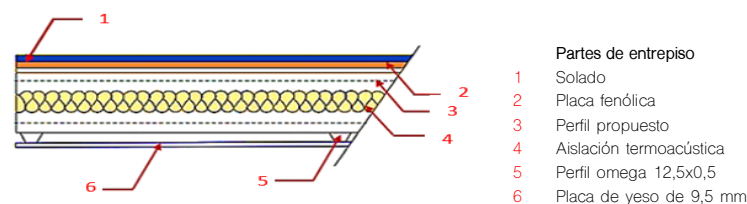


Figura 4. Entrepiso seco [5].

2.4.5 Cubiertas

En cuanto al tipo de cubiertas el Steel Framing admite la realización de techos tanto inclinados como planos, en general las cubiertas tienen como concepto principal dividir la estructura en una gran cantidad de elementos de manera que cada uno resista una fracción de la carga total, se observa un esquema de las partes de la cubierta en la Figura 5 [17].

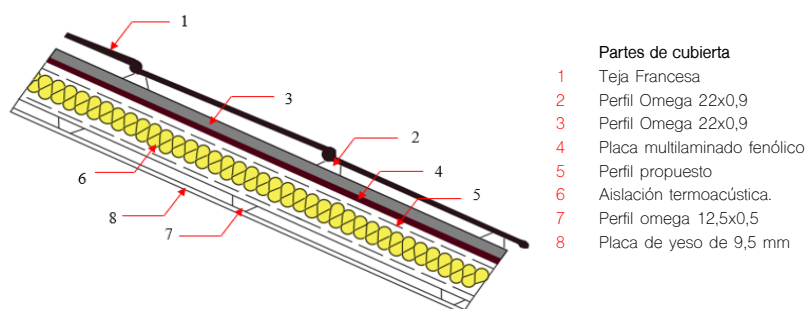


Figura 5. Cubierta teja francesa [24]

2.5 Parámetros de diseño (Norma AISI)

Las dimensiones de los perfiles del sistema Steel Framing fueron analizadas en base a diseño; debidamente por normativa (AISI), manuales, seminarios y teoría científica [5] [18] [9].

2.5.1 Resistencia al pandeo por flexión

Lo descrito en las ecuaciones 1 a 8, se utilizó para encontrar ciertos parámetros de diseño de montantes para la obtención de la tensión por pandeo elástico crítico [18].

Determinación de la esbeltez

$$\lambda = \frac{\pi^2 \times L}{r} \quad (1)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (2)$$

Análisis por pandeo flexional

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F'_y}{F_e}} \quad (3)$$

$$\lambda_c > 1.5 \quad F_n = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) F'_y \quad (4)$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \quad F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F'_y \quad (5)$$

$$\rho = 1 \quad \text{donde } \lambda \leq 0.673 \quad (6)$$

Verificación por pandeo

$$\rho = \left(1 - \frac{0.22}{\lambda} \right) \lambda \quad \text{donde } \lambda > 0.673 \quad (7)$$

Tensión de pandeo elástico crítico

$$F_{cre} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w} \right)^2 \quad (8)$$

Donde

- L: Longitud.
- r: Radio de giro pandeo elástico crítico (flexión).
- Fe: Tensión de pandeo elástico por flexión
- F'y: Esfuerzo de fluencia.
- E: Módulo de elasticidad.
- μ: Coeficiente de poisson del acero.
- λ, λc: Factor de esbeltez.
- ρ: Factor de reducción local.
- Fcre: Esfuerzo de pandeo elástico crítico.
- Fn: Esfuerzo de compresión.
- ρ: Factor de reducción local.
- k: Tensión crítica.

2.5.2 Vigas de entrepiso

En la Figura 6 se observa el diagrama de cargas del perfil G, en base a los esfuerzos de compresión que actúan sobre el elemento plano; con lo descrito de la ecuación 9 a 20 hasta llegar a obtener el esfuerzo de pandeo de las vigas [18].

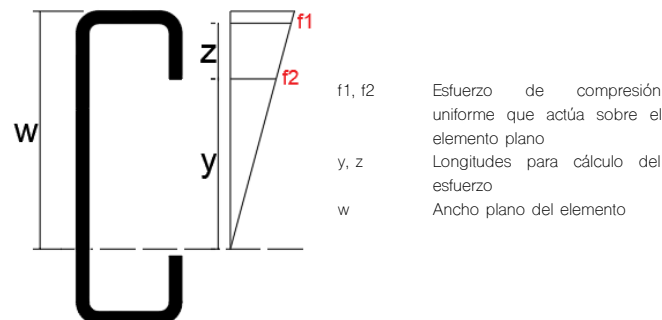


Figura 6. Gráfica de esfuerzos [21].

Sección de labio a compresión

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} \quad (9)$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1} \quad (10)$$

$$k = \frac{0.578}{\psi + 0.34} \quad (11)$$

Sección efectiva de ala ha compresión

$$I_s = \frac{t \times d^3}{12} \quad (12)$$

Se cálculo la inercia adecuada de la pestaña de borde para que el ala se comporte como elemento atiesado.

$$I_a = 399t^4 \left(\frac{w/t}{S} - 0.328 \right)^3 \quad (13)$$

$$I_a \leq t^4 \left(115 \frac{w/t}{S} + 5 \right) \quad (14)$$

Para esto se debe evaluar los siguientes parámetros:

$$S = 1.28 \sqrt{\frac{E}{f}} \quad (15)$$

$$R_I = \frac{I_s}{I_a} \leq 1 \quad (16)$$

$$k = \left(4.82 - 5 \frac{D}{w}\right) R^n + 0.43 \quad (17)$$

$$0.25 < \frac{D}{w} \leq 0.8$$

$$k = 3.57 R^n + 0.43 \leq 41 \quad (18)$$

$$\frac{D}{w} \leq 0.25$$

Donde

$$n = \left(0.582 - \frac{w/t}{4S}\right) \geq \frac{1}{3} \quad (19)$$

Con los parámetros evaluados se calculó el esfuerzo de pandeo.

$$F_e = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 \quad (20)$$

Donde

- w: Ancho plano de la pestaña
- t: Espesor.
- Fe: Esfuerzo de pandeo.
- F'y: Esfuerzo de fluencia.
- μ : Coeficiente de poisson del acero.
- E: Modulo de elasticidad.
- λ : Factor de esbeltez.
- k: Tensión crítica.

- Is: Inercia de la pestaña con respecto a un eje paralelo.
- Ia: Momento de inercia adecuado del rigidizador.
- f: Tensión en compresión de la brida
- d: Profundidad de la sección transversal
- Ψ : f2/f1.
- S: $1.28 \sqrt{E/f}$.
- Ri: Is/Ia.
- Rn: Esfuerzo nominal.
- n: Coeficiente.
- D: Profundidad total del labio [18]

2.6 Análisis estático lineal (AEL)

En el AEL influyen varios parámetros a ser controlados, como son: modos de vibración y derivas inelásticas; donde es necesario asegurar que la estructura no genere desplazamientos excesivos de acuerdo como indica la normativa [19]. Los dos primeros modos de vibración deben ser estrictamente traslacionales en sentido “x-x” y “y-y”; de esta forma se puede concluir que en los modelos no existe torsión, presentando modos de vibración adecuados que al momento del sismo no se presenta un colapso estructural [8] [9].

2.7 Parámetros del cortante basal

En la Tabla 3 se expresan la simbología de cálculo del cortante basal aplicada para cada sistema constructivo. Como constante los dos sistemas constructivos trabajan con el mismo tipo de suelo (D) y la misma zonificación sísmica (V) [19] [20].

Tabla 3. Parámetros que interviene en el cálculo del cortante basal.

Parámetro	Simbología
Factor de aceleración de la zona	Z
Factor de sitio Fa	Fa
Factor de sitio Fd	Fd
Factor comportamiento inelástico del suelo	Fs
Factor asociado a la ubicación geográfica	r
Relación de amplificación espectral	η
Aceleración en T=To	Sa[g]
Período Límite en T=Tc	Tc[s]
Coeficiente Ct	Ct
Coeficiente para cálculo del período	α
Factor de reducción de fuerzas sísmicas	R
Coeficiente de configuración en planta	ØP
Coeficiente de configuración en elevación	ØE

En la Tabla 4, se expresan los valores de cálculo del cortante basal aplicado para los sistemas constructivos [19] [20].

Tabla 4. Parámetros de cortante basal.

Simbología	H. A		S. F
Modelos	M1	M2-M6	M1-M6
Z	0,40	0,40	0,40
Fa	1,2	1,2	1,2
Fd	1,19	1,19	1,19
Fs	1,28	1,28	1,28
r	1	1	1
η	2,48	2,48	2,48
Sa[g]	1,19	1,19	1,19
Tc[s]	0,7	0,7	0,7
Ct	0,055	0,055	0,073
α	0,9	0,9	0,75
R	3	5	2,5
ØP	1	1	1
ØE	1	1	1

Los elementos estructurales dependen del tipo de cubierta (dos, cuatro y múltiples aguas), tipo de carga, luces y nivel de la estructura. Las secciones en el Hormigón Armado y Steel Framing fueron variando dependiendo de la dificultad de los modelos arquitectónicos y características de diseño como se observa en la Tabla 1. En la Tabla 5 se observa las secciones usadas para el sistema constructivo de Hormigón Armado.

Tabla 5. Secciones críticas del sistema del Hormigón Armado

Modelos	# Pisos	Columnas (cm)	V.Central (cm)	V.Borde (cm)
M1	1P	30x40	25x30	30x40
	2P	40x55	30x40	35x45
M2	1P	40x55	35x50	35x45
	2P	40x60	35x45	40x50
M3	1P	40x60	35x50	40x50
	2P	40x60	40x50	40x50
M4	1P	40x60	35x50	40x50
	2P	45x65	40x55	40x55
M5	1P	45x65	40x55	40x50
	2P	45x60	35x50	40x50
M6	1P	45x60	40x55	40x55

Como se observa en la Tabla 5, se muestran las secciones con mayor área que predomina en cada modelo de Hormigón Armado, esto se puede explicar en base a la normativa NEC-SE-VIVIENDA, explica que para viviendas de dos pisos las luces no deben sobrepasar la luz máxima de 4m y su altura máxima de entrepiso no debe pasar de 2,5m para obtener secciones optimas.

En base a las características de los modelos de estudio se observan luces de eje a eje de gran longitud, altura de entrepiso mayor de 2,5m lo que determino a diseñar secciones de mayor área que cumplan con parámetro sismorresistentes. En la Tabla 6 se observa las secciones usadas para el sistema constructivo de Steel Framing.

Tabla 6. Secciones críticas del sistema Steel Framing

Modelos	# Pisos	Montantes (mm)	V. Central (mm)	V. Borde (mm)
M1	1P	G150x1,64	C150x1,64	C150x1,64
	2P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
M2	1P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
	2P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
M3	1P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
	2P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
M4	1P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
	2P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
M5	1P	G200x1,64	C150x1,64	C200x1,64
	2P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64
M6	1P	G200x1,64	C200x1,64	C200x1,64

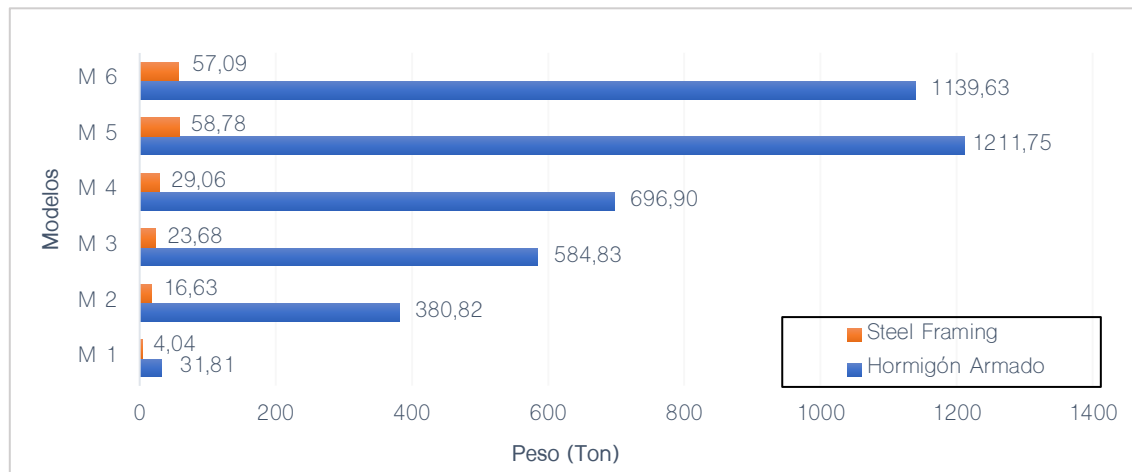
Otro factor que involucra el tamaño de secciones en ambos sistemas constructivos es el factor de reducción de resistencia sísmica (R), para estructuras en Steel Framing es 2,5 y para Hormigón Armado es 5 siendo valores pequeños, al realizar un análisis sismorresistente involucra que las secciones crezcan debido a las acciones sísmicas.

3. Resultados y Discusión

En los modelos de estudio se realizó un análisis comparativo, bajo las condiciones sismorresistentes obteniendo los siguientes resultados.

3.1 Peso de la estructura

En la Figura 6, muestra el peso total de las estructuras de los sistemas constructivos siendo predominante el Hormigón Armado.



Con respecto a las estructuras de Steel Framing se muestra los porcentajes del peso total con respecto a las estructuras de Hormigón Armado como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Porcentajes de peso total de Steel Framing con respecto al Hormigón Armado.

Modelos	Porcentaje
M6	5,01
M5	4,85
M4	4,17
M3	4,05
M2	4,37
M1	12,70

Se encontró un valor promedio de 5,9 % de los, modelos de Steel Framing con respecto al Hormigón Armado con una disminución del 94,1 % del peso total de las estructuras. Demostrando que las estructuras modeladas en base al Steel Framing son significativamente livianas, dependiendo del tipo de entrepiso, cubierta y paneles empleados [21].

3.2 Periodo de vibración

Se obtuvo a través de una herramienta de elementos finitos los periodos de vibración de las diferentes modelaciones para los sistemas de estudio, como se observa en la Figura 7; los cuales cumplieron con la condición de estar por debajo del periodo límite de vibración (T_c) [3].

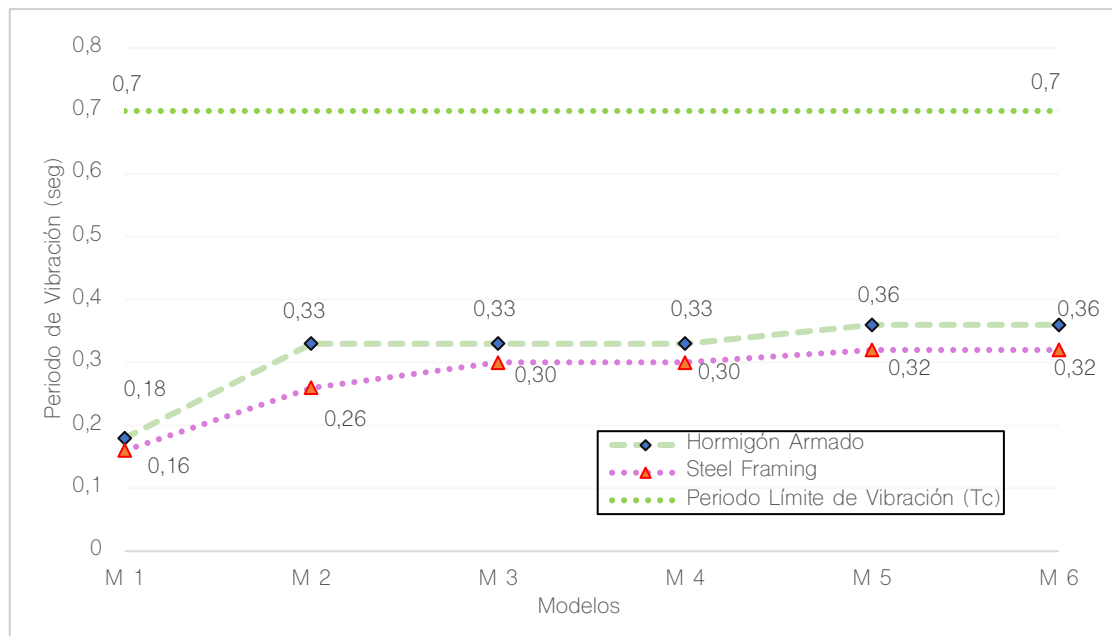


Figura 7. Periodo de vibración entre ambos sistemas constructivos

3.3 Cortante basal estático

El cortante basal estático depende directamente del peso de la edificación esto significa que a menor peso se obtiene un menor impacto frente a un fenómeno sísmico, como se observa en la Figura 8 los resultados del cortante basal estático favorecen al sistema constructivo Steel Framing [19] [8].

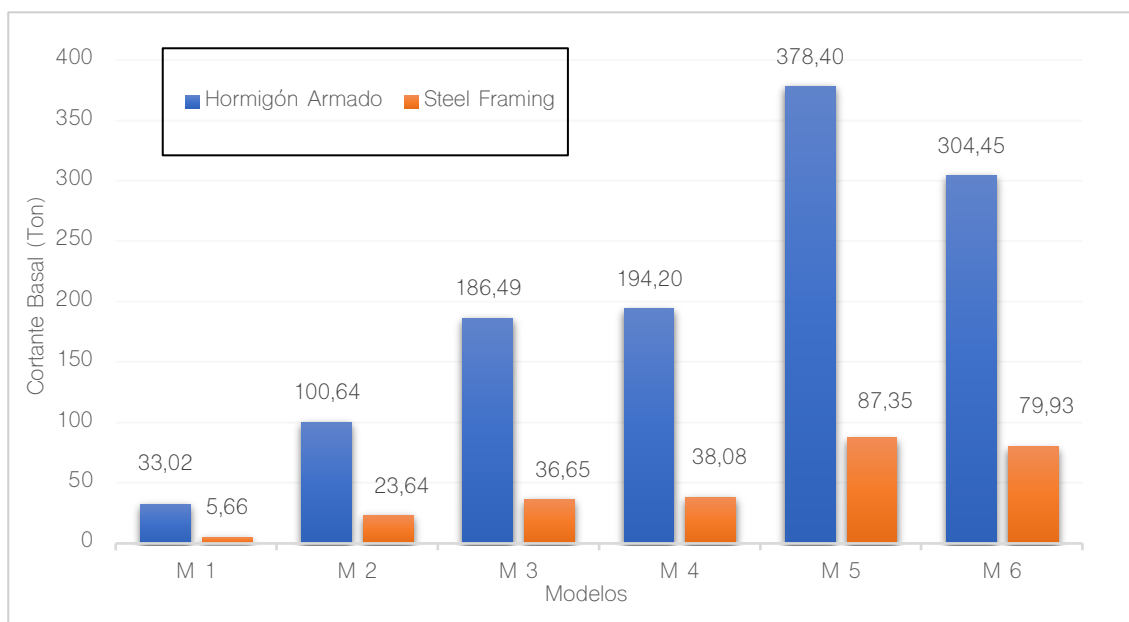


Figura 8. Cortante basal estático entre ambos sistemas constructivos.

3.4 Cortante basal dinámico

En la Figura 9 se observan los resultados que se obtuvieron para el chequeo de cortante basal dinámico del sistema Hormigón Armado en los sentidos "x-x" y "y-y" [19].

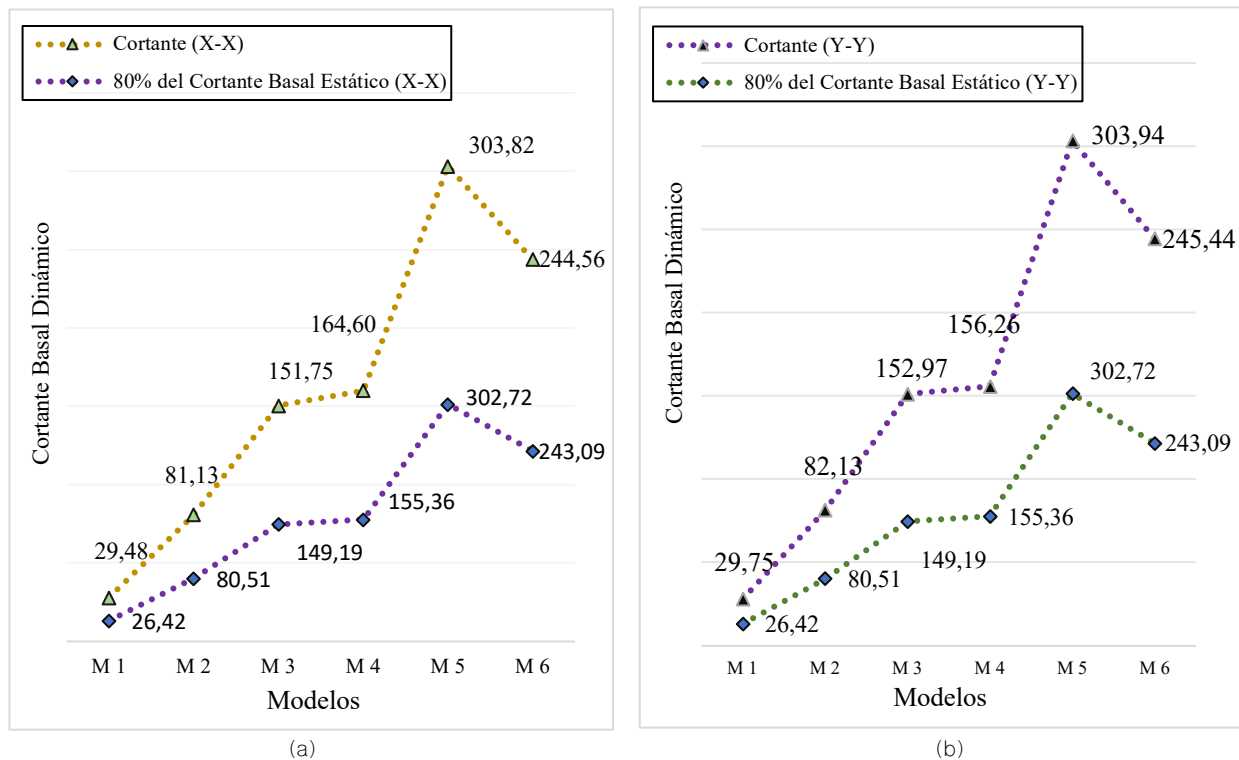


Figura 9. Cortante basal dinámico de Hormigón Armado: (a) sentido (X-X); (b) sentido (Y-Y)

En la Figura 10, se procedió a realizar un chequeo de cortante basal dinámico del sistema Steel Framing en los sentidos “x-x” y “y-y”. Asegurando lo que explica la normativa que no debe ser menor que el 80 % del cortante basal estático, calculado en estructuras regulares [19].

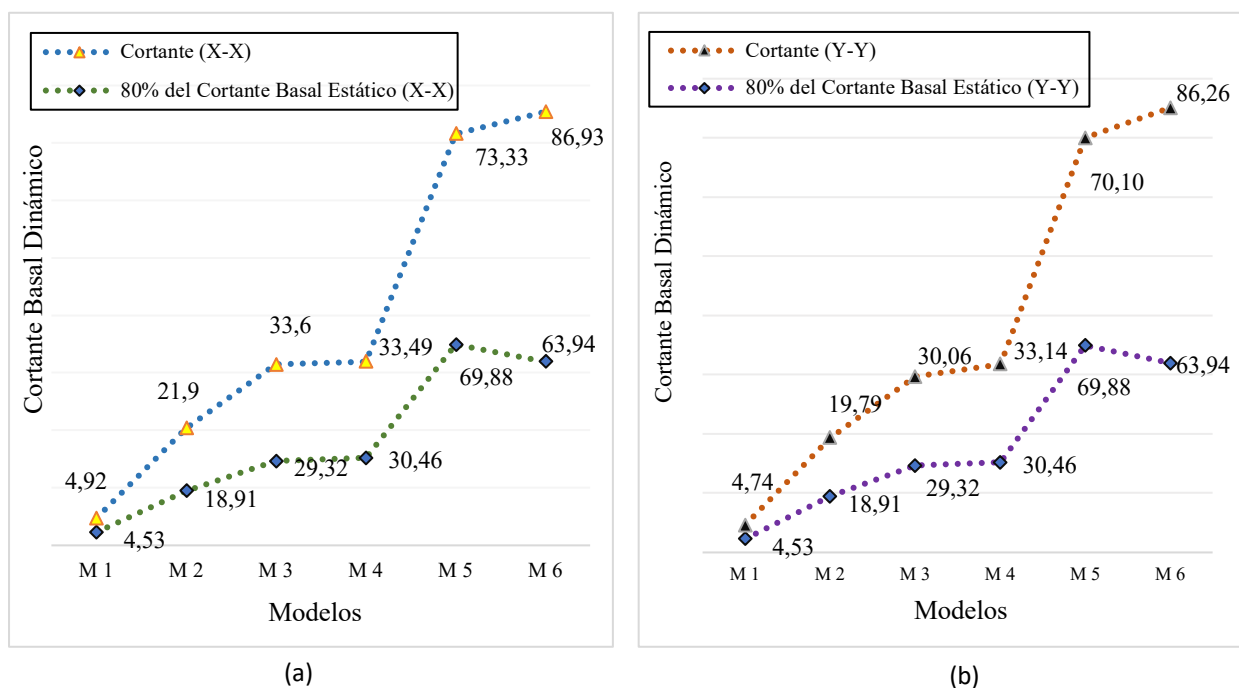


Figura 10. Cortante basal dinámico de Steel Framing: (a) sentido (X-X); (b) sentido (Y-Y)

3.5 Derivas de piso

Con los resultados obtenidos en las Figuras 11 y 12 entre los dos sistemas constructivos se observó que los valores máximos se encuentra en el modelo 5, el Hormigón Armado obtuvo valores en “x-x”, “y-y” de 0,00375 y 0,00377 respectivamente ; el Steel Framing presentó valores en “x-x”, “y-y” de 0,00580 y 0,00989 cumpliendo con las derivas máximas inelásticas expresados por la norma, la que expresa que el valor máximo permitido es de 0,02; lo que garantiza que las estructuras pueden soportar vibraciones por cargas laterales expuestas [8] [19].

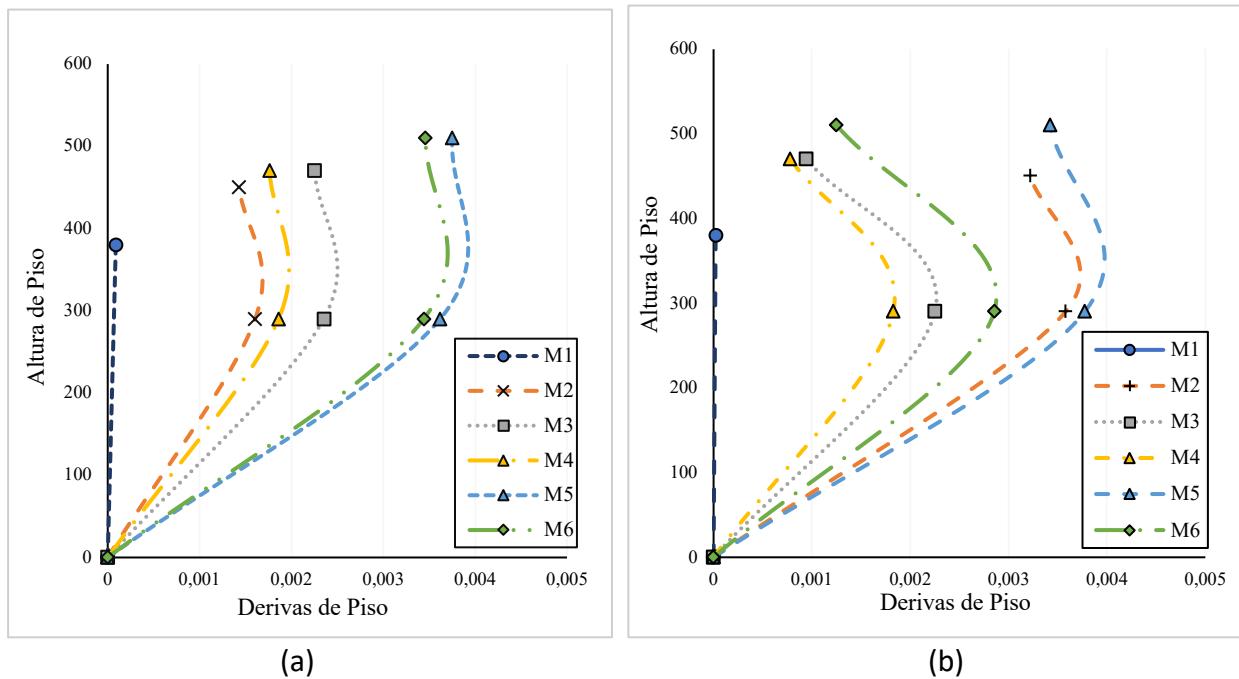


Figura 11. Derivas de Hormigón Armado: (a) sentido (X-X); (b) sentido (Y-Y)

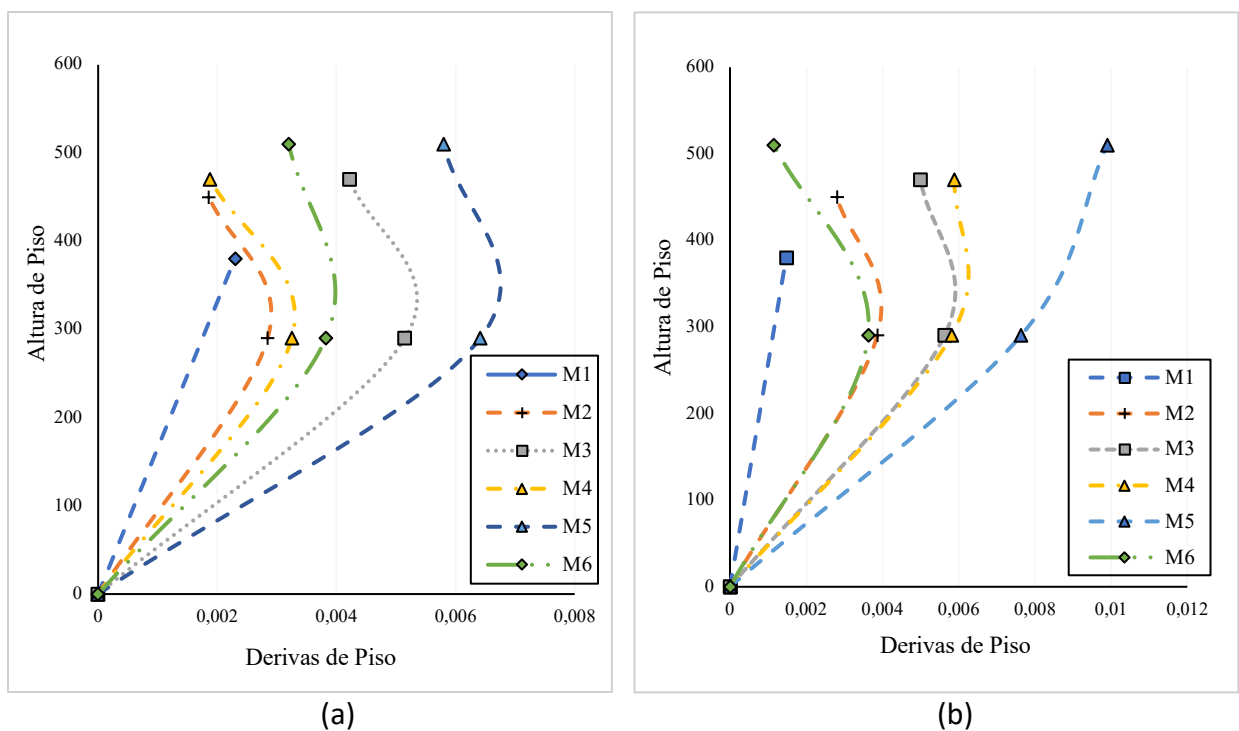


Figura 12. Derivas de Steel Framing: (a) sentido (X-X); (b) sentido (Y-Y)

3.6 Torsión

En el Hormigón Armado y en el Steel Framing se realizó un chequeo en los dos primeros modos como se observa en las Figuras 13 y 14. Dando como resultado traslación, de esta forma se puede concluir que no existen torsión, presentando modos adecuados que al momento del sismo no se presenta un colapso estructural [8] [9]. Cuando las estructuras presentan irregularidades pueden complicar el panorama de la torsión por lo que se debe asegurar que no excede el 10 % en los dos primeros modos, en caso que se supere este porcentaje deberá tomarse medidas correctivas en el planteamiento de las estructuras. Como se observa en la Figura 13 y 14 de ambos métodos constructivos se garantizó la estabilidad de la estructura [22] [23].

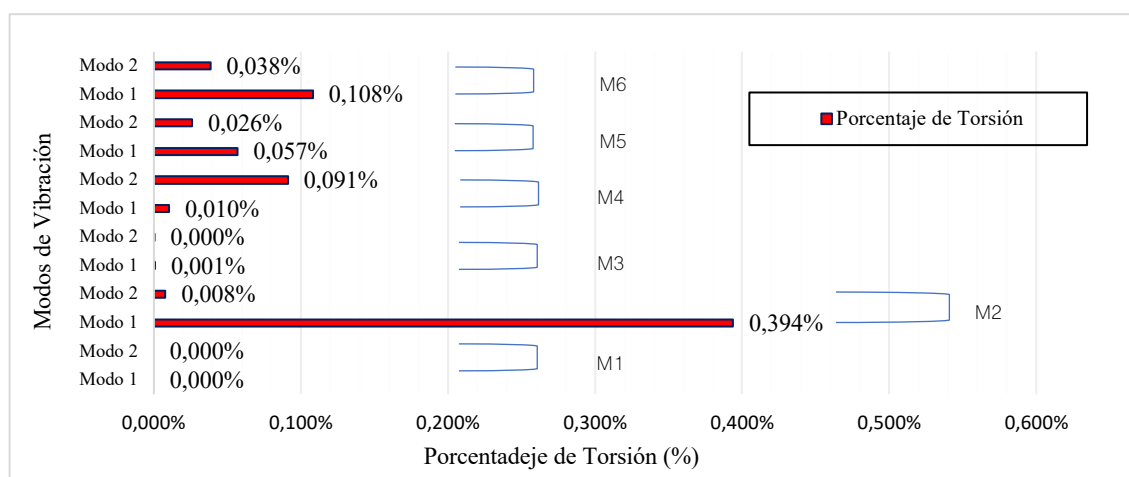


Figura 13. Torsión (Hormigón Armado)

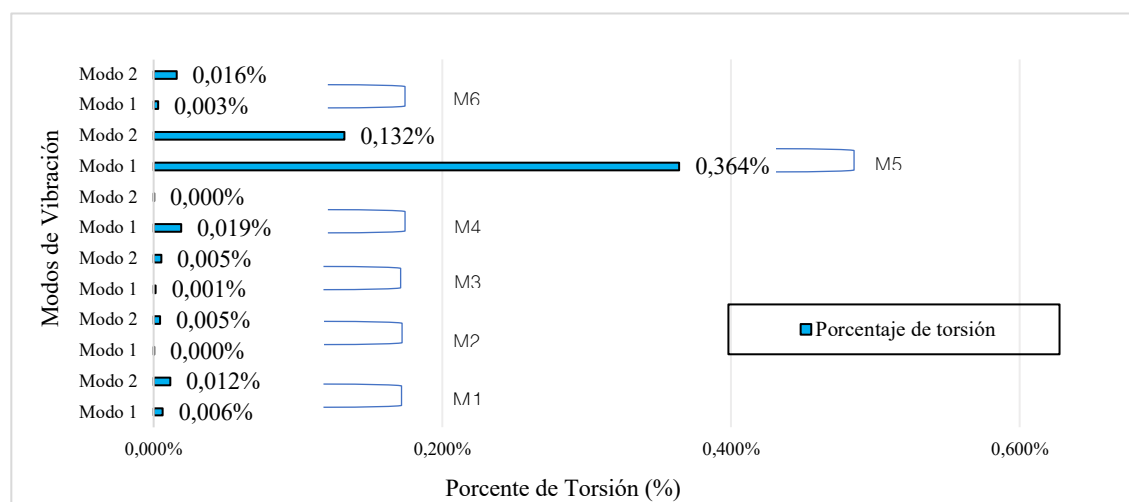


Figura 14. Torsión (Steel Framing).

3.7 Espectro de diseño

Se muestran las curvas de espectro de diseño inelástico en la Figura 15 de los modelos 1 a 6, las cuales fueron utilizadas en los modelos de estudio, se puede apreciar la diferencia de las curvas de espectro de diseño, debido a la ductilidad de cada uno de los sistemas constructivos por diferente tipología y distinto comportamiento. En ambos sistemas constructivos el espectro de diseño elástico es el mismo, ya que ningún factor es afectado, por lo contrario, el espectro inelástico cambia debida que las estructuras de Steel Framing tiene un factor de reducción de resistencia sísmica (R) bajo (2,5) a diferencia del Hormigón Armado de un valor de (5) [19].

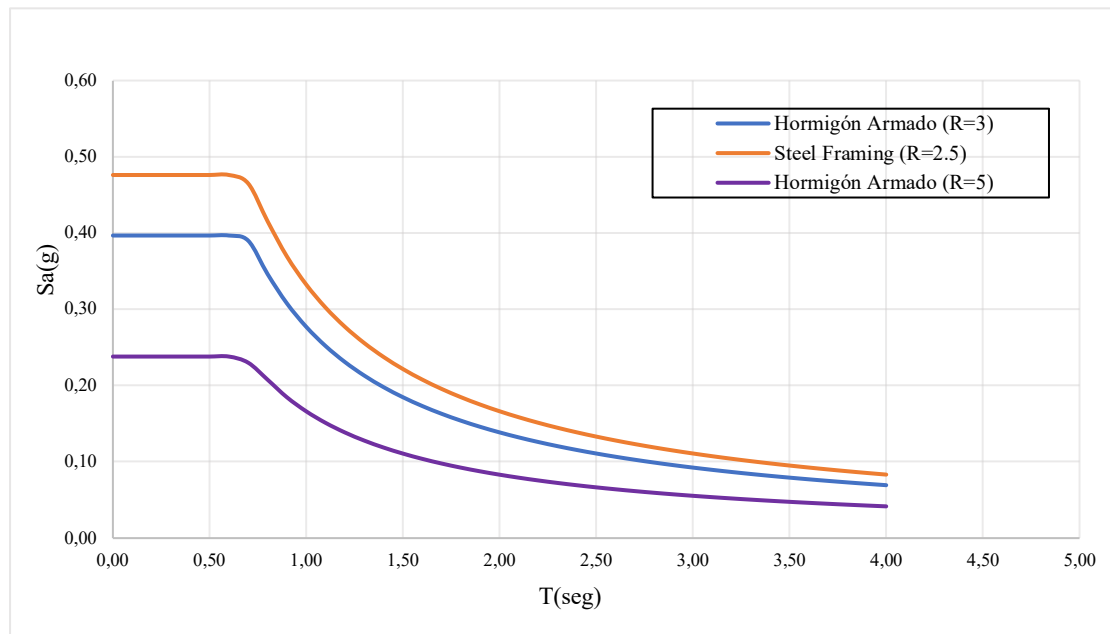


Figura 15. Comparación de espectros inelásticos.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en base a parámetros sísmicos son adecuados y favorables, que coinciden con las investigaciones de Lucero, [14], Cáceres [21] y Morocho [15]. Por otra parte, no existe contradicciones específicas sobre los aspectos sísmicos del Steel Framing en parámetros de modelación en cubiertas a lo que se enfoca esta investigación, debido a que es un sistema constructivo nuevo y puede trabajar con distintos tipos de configuraciones de cubierta sin que genere inconvenientes en la estructura.

5. Conclusiones

Tras el análisis y evaluación de los sistemas constructivos mediante resultados comparativos se pudo observar que los dos sistemas son rígidos, el Steel Framing al tener un factor de reducción de resistencia sísmica ($R=2.5$) tiene mayores fuerzas sísmicas, pero al tener menor peso en comparación del Hormigón Armado tiene un buen comportamiento sísmico. Además, el Steel Framing, es un sistema que no dispone de mecanismos propios para generar puntos de plastificación, es decir es un sistema de baja ductilidad, debido a que se instalan arriostramientos diagonales en los paneles de los muros, esto permite que las oscilaciones de un sismo sean de alta frecuencia o de periodos muy bajos, de manera que, los desplazamientos del suelo en la edificación se ven forzados a vibrar en alta frecuencia y con movimientos laterales de pocos milímetros.

Adicionalmente se pudo observar durante la investigación que, mediante el uso de la herramienta de elementos finitos, el Steel Framing es adaptable a cualquier tipo de arquitectura y tipo de suelo. Asimismo, el sistema constructivo conformado en frío no presenta mayor afectación por cargas de viento debido una baja velocidad del viento por ser analizado con propiedades de viento del Ecuador.

Como restricción que presento el estudio fue el coeficiente de reducción sísmica (R), para el análisis de estructuras de Steel Framing ya que normativa y manuales expresan un valor de (2.5), para edificaciones máximo de 2 niveles. Como futuras investigaciones que se puede abarcar con el sistema conformado en frío; es realizar un análisis no lineal para encontrar un valor (R) para estructuras superiores a 2 niveles, con el fin de evaluar y analizar el punto límite o falla que puede tener este sistema constructivo ante un análisis sismorresistente. Mediante los resultados obtenidos se podría realizar una comparación con otros sistemas constructivos utilizados en el Ecuador con la prioridad de ver qué sistema constructivo tiene mejor aceptación ante eventos sísmicos.

Contribución de autores: Idea y conceptualización, P. G., J. L. y E. C.; metodología, J. L., E. C. y P. G.; software, E. C., J. L. y P. G.; investigación, E. C., J. L. y P. G.; redacción, J. L., E. C. y P. G.; revisión, P. G.; supervisión, P. G.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

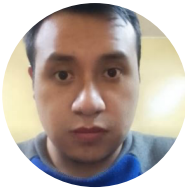
Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Casas Premier, «Steel Framing: Mas de 300 años de historia,» 16 02 2021. [En línea]. Available: <https://www.casaspremier.com.ar/noticias/steel-framing-mas-de-300-anos-de-historia>. [Último acceso: 09 10 2021].
2. Ecoliving, «Casas de Steel Framing,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.ecolivingec.com/contacto>.
3. SAP2000, Structural and Earthquake Engineering Software, 2018.
4. E. Hernández, «Manual de Aplicación del Programa SAP2000 v14,» CSI, Computer and Structures,, Madrid, 2010.
5. R. G. Dannemann . C, «Manual de Ingeniería de Steel Framing,» Asociación Latinoamericana del Acero, Las condes, 2007.
6. D. A. Verduga García, «Diseño de las modificaciones de los elementos estructurales del sistema Steel Framing para las condiciones de sismicidad y características de suelo de la ciudad de Manta,» Manta, 2016.
7. Unidad Metro de Quito, «Las características del suelo facilitan la construcción del sistema metro,» El Comercio, 2 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/caracteristicas-del-suelo-facilitan-construccion.html>. [Último acceso: 14 Febrero 2022].
8. E. Chavez, Interviewee, Diseño de Estructuras Sismoresistentes en Hormigon Armado. [Entrevista]. 1 Marzo 2021.
9. E. Machado , Interviewee, Curso SAP 2000 Steel Framing. [Entrevista]. 2017.
10. Tugalt, TUGALT El futuro se construye con acero, Cumbaya, 2015.
11. A. Viteri, Interviewee, Experiencias y proyectos con Steel Framing. [Entrevista]. 28 Enero 2021.
12. J. C. McCormac y R. H. Brown, Diseño de Concreto Reforzado, Decima ed., Mexico: Alfaomega, 2017, p. 664.
13. T. A. Amtamba Rivas y J. F. Cuical Quelal, «Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación de 6 y 16 pisos implementando losas con paneles de tecnología M2 frente a losas con placa cooperante,» Quito, 2018.
14. D. E. Lucero Castro, «Diseño de una vivienda del programa Casa Para Todos en sistema "Steel Framing" y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional,» Quito, 2019.
15. N. S. Morocho Narváez, «Análisis comparativo y constructivo de una edificación de cuatro pisos entre el sistema Steel Framing, el Hormigón Armado y la Estructura Metálica,» Sangolquí, 2020.
16. ConsulSteel, «Soluciones para construcción en seco,» Manual de apoyo Steel Frame, p. 35, 2016.
17. C. F. Haro Rubio, «Sistema constructivo aplicado para la construcción de viviendas de interés en la provincia del Guayas,» Samborondón, 2015.
18. AISI Atandard, «Especificación especificación norteamericana de miembros estructurales de acero conformado en frío,» p. 505, 2016.
19. Norma Ecuatoriana de la Construcción, «Peligro sísmico,» NEC-SE-DS, p. 148, 2015.

20. Norma Ecuatoriana de la Construcción, «Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m,» NEC-SE-VIVIENDA, p. 152, 2015.
21. C. A. Cáceres Gaibor, «Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas,» Quito, 2018.
22. Organizacion Munidal de la Salud, «Fundamentos para la mitigacion de desastres en establecimientos de salud,» Washington, 200.
23. MIDUVI, «Manual para la Regulación de Procesos Constructivos,» THAMIA imagen, Quito, 2019.
24. A. M. Sarmanho Freitas y R. C. Moraes Castro, «Steel Framing Arquitectura,» Alacero, Santiago, 2007.

Reseña de autores:



Erik Javier Chavez Amaguaña. Ingeniero Civil graduado de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito-Ecuador. Su interés personal es el estudio del comportamiento de las estructuras ante eventos sísmicos.



Jonnathan Rene Lalangui García. Ingeniero Civil graduado de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito-Ecuador. Su interés personal se inclina a la investigación en el área de la construcción para garantizar una correcta planificación, diseño y control de infraestructuras.



David Patricio Guerrero Cuasapaz. Ingeniero Civil en 2008 en la Universidad Central del Ecuador, Magister en Estructuras en 2016 en la Escuela Politécnica Nacional, Miembro afiliado en American Society of Civil Engineers (ASCE), Métodos de Elementos Finitos en UTN FRBA (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires), Constructor y Diseñador estructural para empresas privadas, Profesor en Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, en el Departamento de Ingeniería Civil.