

Estudio comparativo del comportamiento sismorresistente de una estructura mixta acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno

Hely Urdaneta

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta
Maracaibo, Venezuela.

Correo electrónico: helyurdaneta20@gmail.com

Recibido: 21/07/2018

Aceptado: 04-02-2019

Resumen

El objetivo general de esta investigación fue estudiar el comportamiento sismorresistente de edificaciones mixtas de acero - concreto para uso habitacional de 10, 12 y 14 pisos; diseñadas con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno con el propósito de poner en consideración el estudio de nuevas tecnologías en el área de diseño sismorresistente. Se diseñaron edificios de 10, 12 y 14 pisos con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno y sin el uso de los mismos. Los procedimientos de diseño en las mayorías de las normas sismorresistentes del mundo están orientadas a evitar el colapso de edificaciones ante sismos severos. Este es el caso de la norma venezolana COVENIN 1756-1:2001 [8], razón por la cual se hace necesario estudiar el comportamiento estructural de edificaciones con el uso de aisladores sísmicos. El diseño se hizo siguiendo las recomendaciones de la norma COVENIN 1756-1:2006 [8] y la norma NCh 2745. La investigación fue de tipo descriptiva, ya que se determinó el comportamiento ante las acciones sísmicas a través del software ETABS. Además, se manejó un diseño no experimental donde no se manipularon las variables en estudio. Los resultados obtenidos indicaron que la estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno estudiada se comporta adecuadamente cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma de diseño sísmico venezolana, demostrando el aprovechamiento y optimización de las secciones de los elementos estructurales que conforman la edificación, brindando una alternativa constructiva eficiente.

Palabras clave: Sismorresistente, aisladores, acero estructural, concreto.

Comparative study of the sismorresistent behavior of a mixed steel structure - concrete with neoprene elastomeric insulators

Abstract

The general objective of this investigation was to study the seismic behavior of mixed steel - concrete buildings for housing use of 10, 12 and 14 floors; designed with the use of elastomeric neoprene insulators with the purpose of considering the study of new technologies in the area of earthquake resistant design. Buildings of 10, 12 and 14 floors were designed with the use of elastomeric neoprene insulators and without the use of them. The design procedures in the majority of the earthquake resistant norms of the world are oriented to avoid the collapse of buildings in severe earthquakes. This is the case of the Venezuelan standard COVENIN 1756-1: 2001, which is why it is necessary to study the structural behavior of buildings with the use of seismic isolators. The design was made following the recommendations of the norm COVENIN 1756-1: 2006 and the norm NCh 2745. The investigation was of descriptive type, since the behavior before the seismic actions was determined through the software ETABS. In addition, a non-experimental design was handled where the variables under study were not manipulated. The results obtained indicated that the steel structure with studied elastomeric neoprene insulators behaves adequately complying with the requirements established in the Venezuelan seismic design standard, demonstrating the use and optimization of the sections of the structural elements that make up the building, providing a efficient constructive alternative.

Key words: Seismic resistance, rubber isolators, structural steel, concrete.

Introducción

Con el pasar de los años los movimientos –telúricos o sísmicos y la incertidumbre de su aparición han representado uno de los peligros latentes más frecuentes en los continentes. Esto debido a que su llegada amenaza la estabilidad tanto de las fundaciones como de la superestructura de una edificación, pudiendo así originar su parcial o total colapso, dejando a su paso pérdidas humanas y materiales.

Es responsabilidad del ingeniero civil garantizar el objetivo de proteger vidas, y disminuir en lo posible los daños esperados en las edificaciones. Asimismo, mantener operativas las edificaciones esenciales. Para estas últimas, se realizarán estudios adicionales que aseguren su funcionalidad en caso de sismos extremos. Por esta razón, se hace imperante la necesidad de diseñar estructuras que resistan las fuerzas sísmicas, con una considerada capacidad de deformación, que inclusive, vaya más allá de su estado elástico.

Sin embargo, diseñar estructuras con elementos convencionales que sean capaces de resistir la magnitud e intensidad de un movimiento sísmico puede implicar sistemas constructivos altamente costosos o puede interferir con la estética y los requisitos arquitectónicos. Bajo este contexto, los ingenieros civiles han propiciado investigaciones orientadas a sistemas que reduzcan la amenaza sísmica con el fin de preservar la vida. Entre estos, se encuentran los sistemas de control estructural pasivos como los aisladores de la base que tienen el propósito de aislar una estructura de los movimientos del terreno, asegurando que el valor del período de vibración de la estructura se aleje del período dominante del suelo. De esta forma se reducirían considerablemente las solicitaciones sísmicas a las que la edificación estaría sometida, amortiguando y disipando la energía del sistema.

En cuanto al objetivo principal de esta investigación, estuvo centrado en Estudiar el comportamiento sismorresistente de estructuras mixtas de acero - concreto con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno, comparándolas con los sistemas estructurales tradicionales sin el uso de los mismos. Para ello, se diseñaron mediante el programa de cálculo estructural ETABS tres (3) estructuras mixtas de acero - concreto, tres (3) estructuras de acero - concreto sin los aisladores y tres (3) estructuras de mixtas de acero - concreto de 10, 12 y 14 pisos con el uso de los mismos a partir de las cuales se obtuvieron los resultados necesarios para el estudio.

Por otra parte, es preciso señalar algunos de los trabajos de investigación llevados a cabo anteriormente sobre este tema, las cuales sirvieron de base y aportaron conocimientos necesarios para el desarrollo de dicha investigación, tales como Castillo, Urdaneta (2018). Estudio comparativo del comportamiento sismorresistente de una estructura de acero utilizando aisladores elastoméricos de neopreno. Trabajo especial de grado, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela., que aportó información acerca de los aisladores sísmicos y sus beneficios estructurales ya que utilizando los mismos ayudaran a reducir el impacto ante un evento sísmico, lo cual permitirá utilizar la menor cantidad de materiales posibles, aminorar costos, y lo más importante, evitar pérdidas humanas.

Metodología de la Investigación

La presente investigación fue de tipo descriptiva ya que permitió, a través del programa ETABS, describir y analizar el comportamiento sismorresistente de las estructuras de acero con el uso de aisladores determinando y comparando ciertos parámetros sísmicos. Así mismo, se manejó un diseño de tipo no experimental transeccional descriptiva, pues no se manipularon las variables de estudio y su descripción es de manera puntual en un momento único. Por otra parte, se definió como unidad de análisis como el propósito de definir el comportamiento sismorresistente de una estructura mixta de acero - concreto con aisladores sísmicos.

Así mismo, se realizó una observación de tipo documental, fundamentada en la revisión de bibliografías tales como tesis, libros, revistas científicas y normas venezolanas. Por otra parte, se utilizó el programa de cálculo ETABS como instrumento principal de recolección de datos, el cual permitió realizar el diseño de las estructuras para su posterior análisis y obtención de resultados.

Procedimiento metodológico

Se seleccionaron edificaciones aporticadas con igual geometría en planta, considerando luces de 5,00 metros entre columnas. Se trabajaron con tres (3) estructuras mixtas de acero - concreto sin aisladores y con el uso de los mismos, las cuales presentan una variación en su número de niveles, ya que se diseñaron de 10, 12 y 14 pisos, y con una altura de entrepiso de 3,00 metros.

La determinación de las solicitaciones de cargas permanentes y variables a las que estarán sometidos los diseños estructurales fueron calculadas a partir de lo estipulado por la norma COVENIN 2002-1988 [9], considerando como carga variable un valor de 175 Kg/m² para entrepiso y 100 Kg/m² para el techo. En cuanto a las cargas permanentes, se estimaron para las edificaciones de mixtas una carga de 451,5 Kg/m² y 217,5 Kg/m² para entrepiso y techo respectivamente.

Para el cálculo de las acciones del viento, se partió de lo establecido por la norma COVENIN 2003-1989 [10], y se aplicaron las siguientes ecuaciones para determinar las acciones del viento (W), la presión dinámica (qz), el coeficiente de exposición a la presión dinámica del viento (Kz) y el factor de respuesta ante ráfagas (Gh):

$$W = qGCA \quad (1)$$

$$qz = 0,00485 Kz \alpha V^2 \quad (2)$$

$$Kz = 2.58 \left(\frac{z}{zg} \right)^{2/\beta} \quad (3)$$

$$Gh = 0.65 + 3.65\delta h \quad (4)$$

El procedimiento empleado para la determinación de las acciones sísmicas estuvo basado en la norma sísmica COVENIN 1756-2001 [8], donde se estableció una zona sísmica 3, forma espectral S3, una clasificación según uso Grupo B2 con factor de importancia igual a 1, nivel de diseño ND3, estructuras Tipo III y un factor de reducción de 4,0. Tomando en cuenta lo anterior, se efectuaron los cálculos de las ordenadas (Ad) de los espectros de diseño en función del periodo (T), empleando las siguientes ecuaciones:

$$Ta = Ct hn^{0.75} \quad (5)$$

Formula 6 no esta \quad (6)

$$T^+ \leq T \leq T^* \quad Ad = \frac{\alpha\phi\beta Ao}{R} \quad (7)$$

$$T > T^* \quad Ad = \frac{\alpha\phi\beta Ao}{R} \left(\frac{T^*}{T} \right)^p \quad (8)$$

En cuanto a los procedimientos utilizados para el diseño de cada una de las edificaciones, fue seleccionado dependiendo del material considerado y tomando en cuenta las normas COVENIN 1618-1998 [6] y COVENIN 1753-2006 [7] respectivamente según sea el caso.

Diseño de tres (3) estructuras mixtas de acero - concreto de 10, 12 y 14 pisos

En su diseño se utilizó concreto armado para las columnas, perfiles IPN para las vigas y correas, y losas tipo mixtas (losacero). El método de diseño aplicado fue el de factores de carga y resistencia (LRFD), usando las combinaciones establecidas por la norma COVENIN 1618-1998 [6].

Para el predimensionamiento de las columnas, se consideraron sometidas a compresión por recibir cargas axiales principalmente. Se determinó la esbeltez y el esfuerzo permisible a la compresión a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\lambda = \frac{K \times L}{r_{\min}} \quad (9)$$

$$F_c = \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{C_c} \right)^2 \right) \frac{F_y}{FS} \quad (10)$$

$$F_c = \frac{10475000}{\lambda^2} \quad (11)$$

$$C_c = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_y}} \quad (12)$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{\lambda}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{\lambda}{C_c} \right)^3 \quad (13)$$

Luego se realizó el predimensionamiento de los elementos sometidos a flexión por medio de ecuaciones correspondientes a los esfuerzos permisibles a la sección y al corte, así como se verificó los esfuerzos admisibles y los esfuerzos de corte. Además, se chequeo que sean compactas y que las secciones estuvieran eficientemente arriostradas lateralmente. Una vez predimensionados los elementos mencionados anteriormente, se recopilaron los datos calculados para introducirlos en el programa para realizar el modelo de las estructuras mediante el uso de la herramienta de cálculo ETABS 2015 para la determinación de las secciones finales.

Diseño de tres (3) estructuras mixtas de acero - concreto de 10, 12 y 14 pisos con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno

Se utilizó el mismo procedimiento de predimensionamiento que en el punto anterior pero se cambiarían la condición de base y se calcularía los aisladores elastoméricos de la siguiente forma:

Para el caso de investigación se estableció un aislador por columna siendo la cantidad final de aisladores 16, el peso sísmico de la estructura sobre el sistema de aislación, el periodo objetivo y las cargas máximas y mínimas que actuarán sobre el aislador; además se establecen a priori los siguientes datos iniciales:

Consideraciones iniciales

Deformación de corte directa máxima, γ_s : 150%

Deformación de corte máxima admisible, γ_{\max} : 250%

Sección anular, con un diámetro inicial de 10 cm ($D_i = 10$ cm).

Amortiguamiento efectivo del sistema, $\beta = 12\%$

Conexión fija o de pernos.

La tensión de admisible de compresión, $\sigma_{ac} = 90$ km/

Se fija el número de aisladores "N"

El peso sísmico de la estructura "W"

El periodo objetivo 2.5 s

Carga máxima dada por la combinación 1.2CP+1.6CV+S

Carga mínima que será la carga de servicio

Procedimiento de diseño

Cálculo de los desplazamientos de diseño y máximo

Se calcula a partir de los factores de zona sísmica (Z3), tipo de suelo (S3), el factor de amortiguamiento efectivo, con las ecuaciones 14, 15, 16 y 17.

$$DD = \frac{CD}{BD}$$

$$DM = \frac{CM}{BM}$$

$$DTD = 1,1 * DD$$

$$DTM = 1,1 * DM$$

Cálculo de las propiedades físicas y mecánicas del aislador

Este proceso se hizo con el uso del grupo de ecuaciones comprendidas entre la ecuación 18 a la 49:

$$KH_{total} = \frac{4 * \pi^2 * W}{TD^2 * g}$$

$$KH = \frac{KH_{total}}{N}$$

$$A = \frac{P_{máx}}{\sigma AC}$$

$$Hr = \frac{DD}{\gamma s}$$

$$G = \frac{KH * Hr}{A}$$

$$S = \frac{\text{Área cargada}}{\text{Área libre de hinchamiento}}$$

$$S = \frac{D}{4 * tr}$$

$$n = \frac{Hr}{tr}$$

$$\sigma_s = 1.5 * \frac{I_y}{I_s} * \sigma_{AC}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 0.75 * \sigma_y$$

$$\sigma_s \leq \sigma_{m\acute{a}x}$$

$$h = H + (n - 1) * t_s$$

$$H = h + 2t_{ex}$$

$$K_v = \frac{E_c * A}{Hr}$$

$$\frac{1}{E_c} = \left(\frac{1}{6GS^2} + \frac{4}{3K} \right)$$

$$f_v = \sqrt{6S}fh$$

$$T = \sqrt{\frac{4 * \pi^2 * W}{g * Kh * N}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \gamma_s + \gamma_c + \gamma_b \approx \gamma_s + \gamma_c$$

$$\gamma_s = \frac{DM}{Hr}$$

$$\gamma_c = 6S \in c$$

$$\in c = \frac{\frac{P_{m\acute{a}x}}{A}}{E_o(1 + 2kS^2)}$$

$$\gamma_{m\acute{a}xpropuesto} = \frac{0.85 * \in b}{F.S}$$

$$\gamma_{m\acute{a}x} \leq \gamma_{m\acute{a}xpropuesto}$$

$$P_{crit} = \frac{P_s}{2} * \left(\sqrt{1 + 4 * \frac{PE}{PS}} - 1 \right)$$

$$P_s = (GA)_{eff} = GAs$$

$$As = A * \frac{h}{Hr}$$

$$Pe = \frac{\pi^2 * (EI)_{eff}}{h^2}$$

$$(EI)_{eff} = \frac{1}{3} * Ec * I$$

$$I = \frac{\pi}{4} * D^4$$

$$\frac{P_{crit}}{P_{máx}} \geq F.S \approx 2$$

$$D_{máx} = \frac{P \min \phi}{P \min + Kh * H}$$

$$F.S = \frac{D_{máx}}{DD}$$

Luego de calcular todos los parámetros ya mencionados, se escoge un aislador comercial de un catálogo que presente las condiciones más parecidas a las calculadas.

Donde teniendo los resultados de ambos métodos de configuración estructural se compararon mediante algunos parámetros sísmicos seleccionados como lo son los siguientes:

Corte basal

La fuerza cortante basal se determinó en cada dirección de análisis de acuerdo a la ecuación 50, para lo cual se seleccionó el mayor valor de μ entre las ecuaciones 51 y 52:

$$V_o = \mu A_d W$$

$$\mu = 1.4 \left[\frac{N + 9}{2N + 12} \right]$$

$$\mu = 0.80 + \frac{1}{20} \left[\frac{T}{T^*} - 1 \right]$$

Período fundamental

Se calcularon los periodos fundamentales en cada dirección de análisis mediante las ecuaciones 53 y 54:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N W_i (\delta_{ei})^2}{g \sum_{i=1}^N Q_i \delta_{ei}}}$$

$$Q_i = W \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^N W_j h_j}$$

Desplazamientos laterales y derivas

El desplazamiento lateral total y la deriva se calcularon por medio de las ecuaciones 55 y 56 mencionadas anteriormente en el marco teórico:

$$\Delta_i = 0.8R\Delta_{ei}$$

$$\delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1}$$

Posterior a los análisis individuales de los comportamientos ante las acciones sísmicas efectuados a cada una de las edificaciones de acero, se realizó un análisis global comparativo sobre los resultados obtenidos en cada una de las variables estudiadas, lo que sirvió como base para proyectar las conclusiones necesarias y las recomendaciones pertinentes a esta investigación.

Resultados

Corte basal

En las Tablas 1 y 2 se presentaron los valores de los cortes basales en la dirección X y Y obtenidos para cada una de las edificaciones estudiadas, según el tipo de material y el número de pisos.

Tabla 1. Resumen de resultados corte basal en X

CORTE BASAL EN X			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura mixta de acero - concreto	110764,00 Kg	131604,39 Kg	136744,41 Kg
Estructura mixta de acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno	60546,00 Kg	68198,90 Kg	82432,89 Kg

Tabla 2. Resumen de resultados corte basal en Y

CORTE BASAL EN Y			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura mixta de acero - concreto	110313,34 Kg	130933,11 Kg	137052,63 Kg
Estructura mixta de acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno	60896,76 Kg	68092,39 Kg	82312,07 Kg

Con respecto a los resultados obtenidos del corte basal en las direcciones X y Y, las edificaciones convencionales tuvo un aumento considerable con respecto a las aisladas debido a que estas interactúan directamente con el suelo y con el sismo hace que los movimientos en la base sean mucho mayores debido a su forma de afrontar los movimientos telúricos.

Periodo fundamental

Los resultados obtenidos de los periodos para las estructuras se presentaron en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados periodo fundamental

PERIODO FUNDAMENTAL			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura mixta de acero - concreto	1,163 seg	1,587 seg	1,855 seg
Estructura mixta de acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno	2,900 seg	2,907 seg	3,000 seg

En las 6 estructuras analizadas el valor de periodo se incrementa debido a que a más altura disminuye la rigidez y por lo tanto aumentan los desplazamientos en estas.

Deriva

En las Tablas 4 y 5 se presentaron los valores de desplazamientos laterales en las direcciones X y Y, donde se observó que los valores máximos obtenidos fueron en la estructura mixta de acero - concreto 0,909 y 0,915 y en la estructura mixta de acero - concreto con aisladores 0,447 y 0,451

Tabla 4. Resumen de resultados deriva en X

DERIVA EN X			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura mixta de acero - concreto	0,623	0,909	0,900
Estructura mixta de acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno	0,321	0,403	0,447

Tabla 5. Resumen de resultados deriva en Y

DERIVA EN Y			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura mixta de acero - concreto	0,626	0,915	0,912
Estructura mixta de acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno	0,326	0,408	0,451

Al analizar estos resultados se observó que para la totalidad de las estructuras estudiadas se mantiene una tendencia de que a mayor altura de las edificaciones, aumenta la deriva. Esto se debe a que mientras más alto sea una estructura, más influencia tendrá el sismo sobre éste. Es importante destacar el efecto que ejerce el sistema constructivo empleado, ya que dependiendo de las características de cada material, como ductilidad y amortiguamiento del movimiento, unos disiparán mejor la energía que otros.

Dimensiones de los elementos

Tabla 6. Resumen de resultados de las dimensiones de los elementos - Estructura mixta acero-concreto 10 pisos

ELEMENTO		NIVEL	10 pisos estructura mixta de acero-concreto	10 pisos estructura mixta de acero-concreto con aisladores
COLUMNAS	CENTRALES	Nivel PB – Nivel 4	40x40	HEB 320
		Nivel 4 – Nivel 8	40x40	HEB 300
		Nivel 8 – Nivel 10	40x40	HEB 280
	BORDE	Nivel PB – Nivel 4	35x35	HEB 300
		Nivel 4 – Nivel 8	35x35	HEB 280
		Nivel 8 – Nivel 10	35x35	HEB 260
	ESQUINERAS	Nivel PB – Nivel 4	30x30	HEB 160
		Nivel 4 – Nivel 8	30x30	HEB 140
		Nivel 8 – Nivel 10	30x30	HEB 120

Tabla 6. Continuación

ELEMENTO		NIVEL	10 pisos estructura mixta de acero-concreto	10 pisos estructura mixta de acero-concreto con aisladores
VIGAS	DE CARGA	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	DE AMARRE	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	CORREAS	Entrepiso	IPN 200	IPN 180
		Techo	IPN 160	IPN 160
CRUCES DE SAN ANDRÉS	BORDE	-	W10X33	W10X33
LOSAS MIXTAS	Espesor = 10 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ Espesor = 8 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	Entrepiso	-	-
		Techo	-	-

Tabla 7. Resumen de resultados de las dimensiones de los elementos - Estructura mixta acero-concreto 12 pisos

ELEMENTO		NIVEL	12 pisos estructura de acero	12 pisos estructura de acero con aisladores
COLUMNAS	CENTRALES	Nivel PB – Nivel 4	40x40	HEB 450
		Nivel 4 – Nivel 8	40x40	HEB 400
		Nivel 8 – Nivel 12	40x40	HEB 360
	BORDE	Nivel PB – Nivel 4	35x35	HEB 450
		Nivel 4 – Nivel 8	35x35	HEB 400
		Nivel 8 – Nivel 12	35x35	HEB 360
	ESQUINERAS	Nivel PB – Nivel 4	30x30	HEB 200
		Nivel 4 – Nivel 8	30x30	HEB 180
		Nivel 8 – Nivel 12	30x30	HEB 160
VIGAS	DE CARGA	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	DE AMARRE	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	CORREAS	Entrepiso	IPN 200	IPN 200
		Techo	IPN 160	IPN 160
CRUCES DE SAN ANDRÉS	BORDE	-	W10X33	W10X33

Tabla 6. Continuación

ELEMENTO		NIVEL	12 pisos estructura de acero	12 pisos estructura de acero con aisladores
LOSAS MIXTAS	Espesor = 10 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: f'c = 250 Kg/cm ²	Entrepiso	-	-
	Espesor = 8 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: f'c = 250 Kg/cm ²	Techo	-	-

Tabla 8. Resumen de resultados de las dimensiones de los elementos - Estructura en acero 14 pisos

ELEMENTO		NIVEL	14 pisos estructura de acero	14 pisos estructura de acero con aisladores
COLUMNAS	CENTRALES	Nivel PB – Nivel 4	40x40	HEB 550
		Nivel 4 – Nivel 8	40x40	HEB 500
		Nivel 8 – Nivel 12	40x40	HEB 450
		Nivel 12 – Nivel 14	40x40	HEB 400
	BORDE	Nivel PB – Nivel 4	35x35	HEB 550
		Nivel 4 – Nivel 8	35x35	HEB 500
		Nivel 8 – Nivel 12	35x35	HEB 450
		Nivel 12 – Nivel 14	35x35	HEB 400
	ESQUINERAS	Nivel PB – Nivel 4	30x30	HEB 220
		Nivel 4 – Nivel 8	30x30	HEB 200
		Nivel 8 – Nivel 12	30x30	HEB 180
		Nivel 12 – Nivel 14	30x30	HEB 160
VIGAS	DE CARGA	Entrepiso	IPN 280	IPN 220
		Techo	IPN 220	IPN 200
	DE AMARRE	Entrepiso	IPN 280	IPN 220
		Techo	IPN 220	IPN 200
	CORREAS	Entrepiso	IPN 200	IPN 200
		Techo	IPN 160	IPN 160
CRUCES DE SAN ANDRÉS	BORDE	-	W10X33	W10X33
LOSAS MIXTAS	Espesor = 10 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: f'c = 250 Kg/cm ²	Entrepiso	-	-
	Espesor = 8 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: f'c = 250 Kg/cm ²	Techo	-	-

Conclusiones

En líneas generales, los aisladores elastoméricos de neopreno estudiados, se comportan dentro de los parámetros establecidos en las normas venezolanas de diseño sísmico para la zona sísmica 3, razón por la cual, se concluye que pueden ser utilizadas con seguridad en la zona estudiada, ya que se evidencia que el uso de los mismos hace que las secciones de la estructura mixta disminuyan, se comporten sísmicamente mucho mejor y por consiguiente la estructura sea más liviana.

Referencias Bibliográficas

- [1] AISC 360 (2005). Specification for structural steel buildings. USA: American Institute of Steel Construction.
- [2] Arnal, E. y Epelboim S. (1985). Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
- [3] Behar, D. (2008). Metodología de la Investigación. Editorial Shalom.
- [4] Cámara Chilena de Construcción, (2011). Protección sísmica de estructuras. Documento técnico No. 29.
- [5] COVENIN (803-1989). Aceros. Definiciones y clasificación. Caracas, Venezuela.
- [6] COVENIN (1618-1998). Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites. Caracas, Venezuela.
- [7] COVENIN (1753-2006). Proyecto y construcción de obras de concreto estructural. Caracas, Venezuela.
- [8] COVENIN (1756-01). Edificaciones Sismorresistentes. Caracas, Venezuela.
- [9] COVENIN (2002-88). Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones. Caracas, Venezuela.
- [10] COVENIN (2003-89). Acciones de viento sobre las construcciones. Caracas, Venezuela.
- [11] Crisafulli, F. (2012). Diseño sismorresistente de construcciones de acero. (Segunda edición). Las Condes, Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero – Alacero.
- [12] Crisafulli, F. (2014). Diseño sismorresistentes de construcciones de acero (Cuarta edición). Las Condes, Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero - Alacero.
- [13] De la Rosa y Bacalao (2010). Análisis comparativo entre el STAAD PRO DESING 2007 y el ETABS V. 9.0 para el diseño de edificaciones aperticadas de acero. Tesis especial de grado, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.
- [14] Diéguez, J. y Morón, M. (2015). Análisis del comportamiento estructural de edificaciones de acero sismorresistentes de gran altura, utilizando el sistema estructural diagrid. Tesis especial de grado, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.