

Evaluación de pórticos concéntricos en V, V invertida y en k y su impacto en el diseño de un edificio de acero de 7 pisos

Evaluation of concentric V, inverted V and k-shaped gantries and their impact on the design of a 7-story steel building

- 1 Edison Xavier Salinas Villegas  <https://orcid.org/0000-0002-9790-1010>
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
esalinas2137@uat.edu.ec
- 2 Segundo Manuel Espín Lagos  <https://orcid.org/0000-0001-8049-452X>
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
sespin@uta.edu.ec
- 3 Adriana Marina Vélez Niacato  <https://orcid.org/0000-0003-1697-4785>
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
avelez5115@uta.edu.ec
- 4 Jorge Patricio Guamanquispe Toasa  <https://orcid.org/0000-0002-0739-8408>
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
jp.guamanquispe@uta.edu.ec
- 5 Diego Rafael Freire Romero  <https://orcid.org/0009-0004-3439-2572>
Harbert International Establishment S de RL, Ecuador
freired@harbert.com.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 05/01/2023

Revisado: 10/02/2023

Aceptado: 29/03/2023

Publicado: 28/04/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v5i2.345>

Cítese:

Salinas Villegas, E. X. ., Espín Lagos, S. M., Vélez Niacato, A. M., Guamanquispe Toasa, J. P., & Freire Romero, D. R. (2023). Evaluación de pórticos concéntricos en V, V invertida y en k y su impacto en el diseño de un edificio de acero de 7 pisos. AlfaPublicaciones, 5(2), 78–93. <https://doi.org/10.33262/ap.v5i2.345>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

sismorresistente,
acero,
arriostramiento,
deriva, pórticos.

Keywords:

earthquake
resistant, steel,

Resumen

Introducción: en este estudio, se realizó una evaluación entre tres tipos de pórticos con arriostramientos: Pórticos con arriostramiento en V, Pórticos con arriostramiento en V Invertida y Pórticos con arriostramiento en K para edificios de siete pisos de acuerdo con los códigos nacionales y estadounidense.

Metodología: se comenzó con un diseño preliminar de los elementos estructurales de columnas principales y secundarias, vigas, losas y entrecruzamientos, seguido del diseño correspondiente, y primero se comprobó la compresibilidad y flexibilidad de cada elemento. **Objetivos:** analizar el diseño comparativo de un edificio con estructura de acero arriostrada concéntricamente en V, en V invertida y en K. Realizar un análisis sísmico de un sistema con arriostramientos concéntricos en V, V invertida y k. Identificar modelos estructurales apropiados que cumplan con los requisitos de diseño de edificios.

Resultados: con la ayuda de un software de elementos finitos, se modela cada elemento estructural, se ingresan las propiedades y especificaciones de sus elementos, se realiza un análisis estático y dinámico y, para este propósito, se determinan las combinaciones de carga y los espectros, así como la configuración de distribución y elevación, así como las zonas sísmicas de acuerdo con el diseño revisado, todo lo cual hace que la estructura de 7 pisos sea sismorresistente de acuerdo con todos los estándares de inspección de edificios especificados por la normativa Ecuatoriana (NEC 2015). También se comparó los tres tipos diferentes de arriostramiento y un análisis del costo de estructuras con los tres arriostramientos. **Conclusiones:** al final, se concluyó que el arriostramiento en V invertida fue el mejor tipo de diseño porque tuvo menos deriva que los dos diseños anteriores con un valor de menos del 2% y tuvo un buen desempeño estructural en comparación con otras comprobaciones en el diseño anterior. En el artículo, el análisis dinámico corresponde a X e Y más del 80 %, el análisis de rotación es inferior al 30 % y la participación de masa es superior al 90 %. **Área de estudio general:** Ingeniería Civil y Mecánica. **Área de estudio específica:** Estructuras metálicas.

Abstract

Introduction: in this study, an evaluation was made between three types of gables with bracing: V-bracing gables, Inverted

bracing, drift,
frames.

V bracing gantries and K-bracing gantries for seven-story buildings according to national and U.S. codes. **Methodology:** began with a preliminary design of the structural elements of main and secondary columns, beams, slabs, and crossings, followed by the corresponding design, and first the compressibility and flexibility of each element was checked. **Objectives:** to finalize the comparative design of a building with steel structure braced concentrically in V, in inverted V and in K. To perform a seismic analysis of a system with concentric bracing in V, inverted V, and k. To identify appropriate structural models that meet the requirements of building design. **Results:** with the help of finite element software, each structural element is modeled, the properties and specifications of its elements are entered, a static and dynamic analysis is performed, and for this purpose the combinations of load and spectra are determined, as well as the distribution and elevation configuration, as well as the seismic zones according to the revised design, all of which makes the 7-story structure seismic resistant according to all building inspection standards specified by Ecuadorian regulations (NEC 2015). We also compared the three diverse types of bracing and an analysis of the cost of structures with the three bracing. **Conclusions:** in the end, it was concluded that inverted V bracing was the best type of design because it had less drift than the two previous designs with a value of less than 2% and had good structural performance compared to other checks in the previous design. In the article, the dynamic analysis corresponds to X and Y more than 80%, the rotation analysis is less than 30%, and the mass participation is more than 90%. **General study area:** Civil and Mechanical Engineering. **Specific study area:** Metal structures.

Introducción

A nivel mundial, el campo de las estructuras metálicas ha generado un gran interés, especialmente en la edificación, las técnicas de construcción innovadoras, el desarrollo de estructuras de acero mejoradas y otras herramientas que permiten que las estructuras metálicas jueguen un papel fundamental en diversos campos.

Las ventajas de las estructuras metálicas en la construcción de edificios han aumentado con el tiempo debido a sus mejores propiedades, módulo de elasticidad muy alto, resistencia relativamente alta, resistencia al calor y buena resistencia a la tracción, entre otras. Frente a todas estas importantes propiedades, además del aumento significativo en la producción de estructuras de acero a nivel mundial, también se debe saber que tiene el mismo comportamiento sísmico que las estructuras de hormigón armado.

La importancia de impartir estabilidad y estabilidad a los grandes edificios es uno de los principales objetivos del diseño y la construcción estructural, por lo que los diseñadores estructurales invierten una gran cantidad de recursos en la investigación y los cálculos de varios sistemas para darles la estabilidad suficiente y seguridad en la construcción, que aseguren la vida de las personas y la inversión, especialmente para edificios con alta ocupación de personas (Sarmanho, 2017).

Para obtener un rendimiento de seguridad garantizado en los edificios con estructura metálica de gran altura, es necesario calcular la capacidad sísmica para lograr la estabilidad estática y, en la mayoría de los casos, es necesario usar pórticos arriostrados para la mayoría de los casos.

Por ser los sistemas arriostrados uno de los métodos que se puede utilizar para brindar a la estructura resistencia al momento de que está tenga una gran inestabilidad existe la necesidad de estudiar tres tipos de arriostamiento como son en V, V invertida y en K.

Este estudio es importante debido a que significa un aporte para estructuras que tengan la necesidad de utilizar arriostamientos, que permitan la protección adecuada de las edificaciones que se vayan a construir, además de que proveerá al diseñador estructural la información necesaria para la evaluación de diferentes estructuras, y el sistema de arriostamiento más adecuado para la misma (Mittal, 2019).

El uso de estructuras metálicas en la construcción hace que la implementación de Edificios prefabricados sea más industrial, por lo que es muy importante comenzar a calcular, diseñar y construir estructuras metálicas a gran escala (Guerrero, 2015).

Para ello se utilizan diferentes tipos de acero con los que se puede trabajar para las estructuras, entre ellos los más comunes son el acero ASTM A992, ASTM A572 y ASTM A36 (Ochoa, 2020).

También es importante analizar la compacidad de la sección, que se mide por el alargamiento, parámetro que está directamente relacionado con posibles problemas de pandeo en las columnas, por lo que elementos más compactos tienen mayor capacidad de disipación de energía y evitan el pandeo debido por lo que evitan grandes deformaciones y fracturas (Aguilar, 2015).

Según Jara (1994), es necesario analizar y diseñar las placas colaborativas, las cuales constituyen el refuerzo positivo de la losa de piso, deben conectarse fácilmente entre sí mediante conectores de cortante para producir una sola unidad estructural.

Los apoyos concéntricos son componentes estructurales utilizados para disipar energía mediante el desarrollo de deformaciones de tipo inelástico. Es importante comprender el comportamiento de estos elementos bajo cargas axiales cíclicas, examinando las respuestas que se dan en términos de carga axial, desplazamiento axial y desplazamiento lateral en el centro del apoyo (Guerrero, 2022).

Según lo señalado por Ugel (2016), el uso de pórticos concéntricos representa una muy buena solución estructural para proporcionar resistencia y rigidez lateral en edificios de baja y mediana altura. Las acciones laterales de los sismos generan fuerzas axiales en los miembros del marco de arriostramiento. En estos sistemas, es conocido por su alta rigidez lateral, lo que permite un control suficiente del desplazamiento lateral para cumplir con los requisitos de diseño. En los códigos de diseño modernos, se considera que el arriostramiento se deforma inelásticamente en caso de un sismo severo, de modo que cuando ocurre un sismo, la estructura tiene la capacidad de disipar energía a través de ciclos sucesivos de fluencia causada por tensión y pandeo en compresión, es decir, la formación de rótulas plásticas en la región central y en los extremos de los soportes.

Características de los pórticos con arriostramiento en V, V invertida y K:

- Cuando la estructura responde en un estado elástico, las fuerzas axiales en los arriostramientos y vigas permanecen equilibradas.
- Cuando un arriostramiento de compresión se pandea, su resistencia disminuye en una cantidad y la fuerza axial en el tirante aumenta, creando una fuerza vertical en la viga. Los marcos con soportes en V invertidos son más desfavorables ya que las fuerzas verticales resultantes aumentan los efectos de las cargas de gravedad, mientras que, en los pórticos con arriostramientos en V, dichas fuerzas se contrarrestan.
- Por lo tanto, fortalecer los marcos en V con vigas débiles puede causar serios problemas bajo sismos severos. Esto se debe a la presencia de rótulas plásticas en la viga y es lo que debe evitarse en el diseño antisísmico.
- Es necesario recalcar que debemos tener una viga resistente que pueda soportar las fuerzas creadas por la acción sísmica y la carga gravitatoria sin plastificarse (Tosoni, 2017).

Según Borbor (2020), menciona que los sistemas estructurales se caracterizan por una alta rigidez lateral que permite un control adecuado del desplazamiento, y este tipo de pórtico se considera una solución efectiva para edificios de hasta 30 pisos. Las acciones sísmicas y de viento lateral inducen principalmente tensión axial y compresión en la

estructura. El marco de arriostramiento se comporta como una viga de celosía en voladizo. Las columnas actúan como cordones de celosía y resisten principalmente momentos de volteo causados por cargas laterales. La viga y la diagonal actúan como el “alma” de la viga, resistiendo esfuerzos cortantes horizontales.

Durante un evento sísmico, la aparición de grandes fuerzas horizontales provoca el comportamiento plástico en la estructura. Por ello depende mucho de la dirección de la carga, para que el arriostramiento actúe ya sea a tracción como a compresión, mismas que tienen mayor capacidad a tracción que a compresión. El desempeño deseado del sistema SCBF se basa en proporcionar un alto nivel de ductilidad del soporte para lograr una adecuada deriva inelástica. Estos marcos utilizan un diseño volumétrico, con los soportes actuando como el fusible del sistema. El SCBF desarrolla la resistencia y la rigidez lateral necesarias para garantizar el rendimiento estructural en terremotos pequeños y frecuentes, y además brinda las deformaciones inelásticas necesarias para garantizar la seguridad de las personas al evitar que la estructura se derrumbe durante los eventos sísmicos, las cuales están controlados por la fluencia por tracción, el pandeo y el pandeo de los soportes después de la deformación (Andrade, 2015).

El análisis dinámico implica analizar las fuerzas, velocidades, desplazamientos, y aceleraciones que ocurren en una estructura debido a las deformaciones que ocurren en la estructura.

Mencionado en la NEC-15, describe los métodos mediante los cuales se pueden obtener fuerzas de corte estáticas o dinámicas para calcular estructuras en el cual el método elegido depende de la configuración estructural de la planta y el alzado.

Los métodos dinámicos se utilizan para calcular irregularidades en vistas en planta y en elevación. El espectro de diseño para la aceleración $S_a(T)$ está determinado por la aceleración sísmica máxima del suelo. Este procedimiento debe ser utilizado para todo tipo de estructuras irregulares (García, 2021).

En la actualidad ha venido cobrando importancia la posibilidad de estudiar la respuesta de las estructuras cuando estas incursionan en la respuesta no lineal. A medida que los procesadores han permitido un análisis más veloz, se han podido desarrollar aplicaciones que permiten incorporar la no linealidad tanto geométrica como constitutiva de las estructuras. Entre los modelos de no linealidad, los modelos que consideran esta de forma distribuida a lo largo de los elementos han ido sustituyendo progresivamente los modelos de no linealidad concentrada, basados principalmente en la definición de nodos con comportamiento especial conocidos como rotulas plásticas (Vielma & Mendoza, 2018).

Según indica Vielma & Mendoza (2018), estudió los proyectos sísmicos que han permitido adaptar herramientas se pueden caracterizar y estudiar con más detalle el

comportamiento de diferentes edificios durante eventos sísmicos y conlleva al diseño de edificios con susceptibilidad reducida a los terremotos, lo que se entiende como un factor de riesgo interno para edificios en zonas sísmicas. Obviamente, el nivel de los estándares de diseño tiene un impacto crucial en la vulnerabilidad sísmica del edificio del proyecto. El uso de técnicas computacionales aumenta la velocidad y la precisión de los estudios de construcción para cumplir con los requisitos reglamentarios de resistencia y desplazamiento máximo. Al incluir un espectro de diseño basado en un factor de reducción, la estructura se puede calcular asumiendo un comportamiento lineal. Este análisis correspondió a la primera fase de proyecto, que permite definir la geometría de los elementos constructivos (Vielma & Mendoza, 2018).

Según Faddoul (2017), el diseño sísmico es uno de los factores más importantes a considerar cuando se diseña una estructura. Los esfuerzos generados por estos fenómenos pueden afectar a la estructura, provocando grandes deformaciones que pueden llegar al colapso. Para evitar este problema, se desarrollaron miembros denominados arriostramientos, que son componentes estructurales que se utilizan para aumentar la rigidez de la estructura y su capacidad de soportar cargas laterales, reduciendo así la deformación de sus miembros (Faddoul, 2017). Mediante el espectro de diseño para un sismo con un tiempo de recurrencia de 475 años, se representa con una probabilidad mayor al 10% en 50 años, es calculado y graficado de acuerdo con la norma ecuatoriana de construcción NEC 2015, que a su vez se basó en la norma americana ASCE 7 -10 (Herrera, 2016).

Es por ello que se hace necesario este proyecto de investigación que incluye el análisis de pórticos conectados concéntricamente en V, V invertida y K y su generalización en proyectos de edificación de acero de 7 pisos, para lo cual se desarrollará el programa de elementos finitos en el que se analizará cada sistema y se concluirá cuál de los tres sistemas estudiados en este proyecto se puede optimizar en nuestro, que represente también un ahorro económico en el diseño de estructuras con pórticos conectados concéntricamente.

Metodología

Se seleccionaron tres tipos de restricciones concéntricas para el diseño del estudio como son los arriostramientos en k, en V y en V invertida, calculadas mediante análisis no lineal en un software de elementos finitos, como se muestra en la figura 1.

Antes de realizar cálculos no lineales, es necesario recopilar ciertos datos que se ingresarán en el programa para analizar correctamente la estructura. Estos datos son para cargas muertas y vivas, cargas sísmicas, periodos de retorno, factores del tipo de suelo, categorías estructurales, factores de importancia, factores de reducción sísmica, espectros, coeficientes de irregularidad, combinaciones de carga, diseño preliminar de

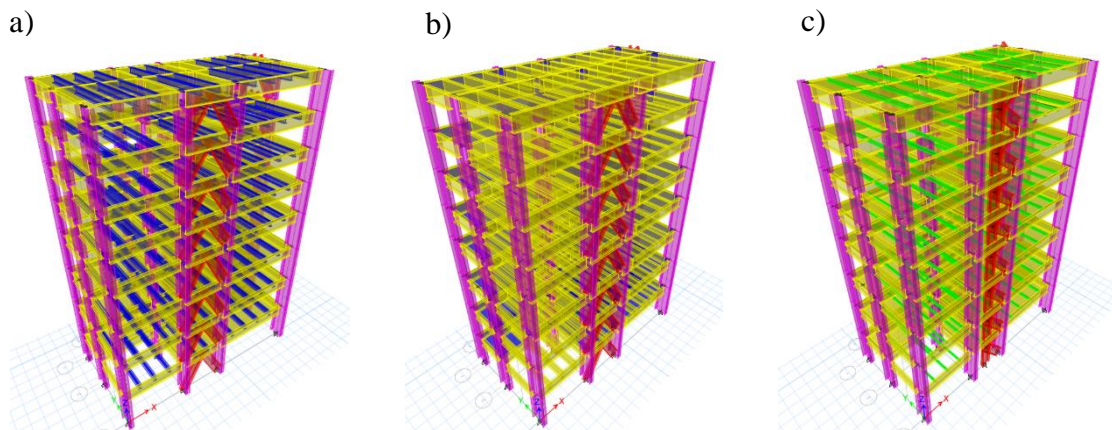
la estructura para elementos estructurales.

Una vez que se conoce el sistema estructural, las secciones estructurales pre calculadas, los claros, las ubicaciones de cada uno de los elementos estructurales, las cargas aplicadas y el sismo de diseño con un período de retorno de 475 años, la estructura diseñada debe ser lo más realista posible. La mampostería, así como la altura, son factores muy importantes en el estado del edificio, que nos ayudaron a calcular la estructura.

Los parámetros requeridos para el diseño se definen en el programa de elementos finitos, y la estructura se diseña en el programa lo más cerca posible de la realidad, considerando que el sistema estático seleccionado es el marco de soporte concéntrico (PEAC) del modelo, este tipo de sistema estructural juega un papel importante ya que proporciona rigidez estructural y controla los movimientos de la estructura.

Figura 1

Arriostramiento de pórticos



Nota: a) Arriostramiento de pórticos en V invertida, b) Arriostramiento de pórticos en V, c) Arriostramiento de pórticos en K

Resultados

Usando la fórmula del período, obtenemos los intervalos donde debería estar el período, obtenemos el período real mediante el software y analizamos si está dentro de dicho intervalo. De lo contrario, los elementos de la estructura deben rediseñarse para cuando se cumpla la condición. La tabla 1, muestra los valores obtenidos con los tres tipos diferentes de pórticos arriostrados.

Tabla 1
Periodo de vibración con los tres arriostramientos

Tipos de arriostramientos	Periodo (T)(s)
Pórticos arriostrados en v	0,802
Pórticos Arriostrados en v invertida	0,782
Pórticos arriostrados en k	0,951

Rotación

A continuación, se requiere una prueba de rotación, y para realizar esta prueba, se encuentra que para el primer modo de vibración debe haber un desfase en "X", para el segundo modo de vibración el desfase debe estar en "Y", y para el tercer modo de vibración, que debe ser rotacional o como se muestra en las Ecuaciones 1 y 2:

$$1 \quad \frac{Rz}{Ux} * 100 < 30\% \quad \text{Ecuación}$$

$$2 \quad \frac{Rz}{Uy} * 100 < 30\% \quad \text{Ecuación}$$

En el análisis de la prueba de rotación, el diseño se rotó menos del 30% utilizando los tres métodos de arriostramiento propuestos en este trabajo de investigación, por lo que se obtuvo una rotación más baja para V y V invertida y una rotación más alta para K. El valor del eje "X" de la conexión en forma de V es 2.78% y el valor del eje Y es 0.29%, para el arriostramiento en V invertida el valor "X" es 3.18, el valor "Y" es 0.44 y finalmente el valor "X" es 1.37, y el valor de arriostramiento en K es 2.37, como muestra la tabla 2.

Tabla 2
Valores de rotación en los pórticos con arriostramientos

	V	V invertida	k
$\frac{rz}{ux} < 30\%$	2,78 ok	3,18 ok	1,37 ok
$\frac{rz}{uy} < 30\%$	0,29 ok	0,44 ok	2,37 ok

Porcentaje de participación de masa

De acuerdo con la participación de la masa en los modos 4 y 5 estos deben ser mayor al 90%, por lo que se muestra en la tabla 3, para su comparación.

Tabla 3

Participación de la masa de los pórticos arriostrados en V, V invertida y K

	En V	En V invertida	E K
En el modo 4 Sumatoria UY	91,93 %	90,20 %	92,20 %
En el modo 5 Sumatoria UX	94,90 %	94,40 %	94,50 %

Cuando la participación de la masa supera el 90 %, el arriostramiento en K fue el más alto, con 92,20 % para “X” y 94,50 % para “Y”, seguido del arriostramiento en V con 91,93 % para “X” y 94,90 % para “Y” y finalmente un arriostramiento en K para “X” fue de 90,20 % y “Y” fue de 94,40 %.

Derivas inelásticas

Para obtener las derivas inelásticas primero es necesario obtener las derivas elásticas, mediante el cálculo del programa de elementos finitos, se muestran los resultados en la tabla 4, de las derivas elásticas tanto en “X” como en “Y” con los tres tipos de arriostramientos

Tabla 4

Derivas elásticas con los pórticos con arriostramientos en V, V invertida y K

Derivas elásticas		
	En x	En y
En V	0,000799	0,000445
En V invertida	0,000785	0,000409
En k	0,00092	0,000489

Una vez obtenidos los resultados de las derivas elásticas, se realizó el cálculo de las derivas inelásticas mediante la ecuación 3:

$$\text{Deriva Inelástica} = \Delta * 0.75 * R < 2 \% \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Δ = Deriva elástica

R = Factor de reducción de resistencia sísmica: en nuestro caso es igual a 8 de acuerdo con NEC 2015.

De acuerdo con las reglas definidas en NEC y ACI, se obtiene un pequeño porcentaje, menos del 2%, del cálculo de compensación del límite inferior, 1,471% en “X”, 1,245% en “Y” para un pórtico con arriostramiento en V invertida, seguido de un arriostramiento en V de 1,479% en “X” y “Y” de 1,267%. Finalmente, a valores de derivas más altos, el

pórtico con arriostramiento en K de 1,552% en “X” y 1,293% en “Y”, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Derivas inelásticas de los pórticos con arriostramientos en V, V invertida y K

Derivas inelásticas		
	x	y
En V	0,4794%	0,267%
En V invertida	0,471%	0,2454%
En k	0,552%	0,2934%

Para determinar el cortante dinámico primero se obtuvo los valores del cortante estático de los arriostramientos mediante el análisis del programa de elementos mostrados en la tabla 6:

Tabla 6

Cortante estático de los pórticos con arriostramientos en V, V invertida y K

Cortante estático (Ton)		
	x	y
En V	126,31 Ton	126,31 Ton
En V invertida	126,31 Ton	126,31 Ton
En k	126,59 Ton	126,59 Ton

El cortante dinámico se obtiene de igual manera a partir del análisis realizado en el programa de elementos finitos y se muestra en la tabla 7:

Tabla 7

Cortante dinámico de los pórticos con arriostramientos en V, V invertida y K

Cortante dinámico		
	x	y
En V	104,9 Ton	100,93 Ton
En V invertida	103,48 Ton	100,48 Ton
En k	106,33 Ton	100,48 Ton

El cociente entre cortante dinámico y cortante estático debe ser superior al 80 %. para estructuras regulares según la normativa ecuatoriana, si la relación llega a ser menor que el 80% será necesario rediseñar los elementos estructurales. En tabla 8, se observa la relación en todos los arriostramientos de la estructura.

Tabla 8

Validación del análisis dinámico de los pórticos con arriostramientos en V, V invertida y K

Validación análisis dinámico mayor al 80%		
	x	y
En V	83,05%	82,91%
En V invertida	81,93%	82,55%
En k	84,00%	80,66%

Mediante todos los análisis realizados anteriormente, se pudo apreciar que la estructura llega a tener una buena estabilidad estructural en comparación de que si la estructura no hubiese llegado a tener los arriostramientos. Además, con los resultados obtenidos se evidencia que el mejor comportamiento llega a tener es el arriostramiento en V invertida.

Los arriostramientos en los pórticos nos permite incrementar la capacidad que posee la estructura para soportar cargas laterales, resultando diferencias entre pórticos arriostrados y no arriostrados que oscilaban entre 20% y 30%, lo cual es consistente con lo descrito en el análisis de estructuras con pórticos arriostrados de igual manera se corrobora dicho conocimiento mediante las tablas obtenidas anteriormente, y teniendo así también un mejor desempeño el modelo con diagonales concéntricas de V Invertida, coincidiendo con lo obtenido por Ugel (2016). Por lo que haciendo una comparación con el autor, los arriostramientos son necesarios para estructuras con gran número de niveles, además de que la estructura llega a tener un buen comportamiento dinámico, el que mejor comportamiento es el arriostramiento en V invertida, que es el que mejor resistencia tiene para soportar las cargas laterales frente a los demás arriostramientos.

Conclusiones

- Se calcularon los periodos de tres estructuras diferentes, las tres estaban en el rango apropiado, y el valor más bajo obtenido fue con arriostramiento en V invertida de 0,782 s, seguido del arriostramiento en V de 0,802 s. y finalmente, el valor por encima del valor anterior, el arriostramiento en K es 0.951 s.
- En el análisis de rotación, la estructura representa valores menores al 30% entre los tres tipos presentados en este trabajo, por lo que se obtienen rotaciones menores en V y V invertida y mayores en K. El valor de “X” para el arriostramiento en V es 2.78 %, y en “Y” es 0.29%; para el arriostramiento en V invertido, el valor “X” es de 3,18 y el valor “Y” es 0,44 y finalmente los valores para el arriostramiento en K es en “X” es 1.37, y en “Y” es 2.37, todos representados en porcentaje.

- Cuando sumatoria de participación masa supera el 90%, se obtuvo los siguientes valores: el arriostramiento en K fue el mayor con 92,20% para “X”, 94,50% para “Y”, seguido del adiestramiento en V con 91,93% para “X” y 94,90% para “Y” y finalmente para el arriostramiento en V invertida con 90,20% para X y 94,40% para Y
- Para las derivas de piso en los arriostramientos en V invertida en “X” 1,471 % y “Y” con 1,245 % seguidos del arriostramiento V en “X” con 1,479 % y “Y” con 1,267 %. Finalmente, con valores de deriva más altos, se obtuvo el arriostramiento en K con 1,552 en X y en Y con 1,293.
- En el análisis dinámico, el mejor desempeño en este caso se obtuvo con los arriostramientos en V, ya que su validez analítica fue de 83,05% para “X” y 82,91% para “Y”, seguido de los arriostramientos en V invertida con “X” 81,93 y “Y” 82,55. Por último en "K, 84,00% en X y 80,66% en Y.
- Se ha concluido que la mejor conexión para este diseño es la conexión en V invertida probada por análisis lineal y dinámico, porque muestra el mejor desempeño bajo condiciones de tensión y carga aplicada y es la más adecuada para su análisis económico.

Conflicto de intereses

Los autores certifican que no existen conflictos de interés en el presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Andrade, J. (2015). *Análisis comparativo entre sistemas estructurales sismos resistentes para edificios utilizando sistemas combinados con pórticos, muros o diagonales en hormigón y acero*. [Tesis de grado]. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21682>
- Aguilar, K. (2015). *Estudio comparativo de edificios de acero de gran altura con diagonales excéntricas, concéntricas y diagonales con amortiguadores en la ciudad de Quito*. [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Repositorio PUCE <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8473>
- Borbor, J. (2020, 16 octubre). *Estudio comparativo entre sistemas estructurales de pórticos especiales arriostrados concéntricos y excéntricos, y pórticos sin arriostramientos para edificaciones con estructuras de acero*. [Tesis de pregrado]. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5404>

- Faddoul, E. (2017). *Efecto de los arriostramientos en estructuras aporticadas de acero. 1st ed. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica Andrés Bello. Biblioteca Central Centro Cultural Padre Carlos Guillermo Plaza AAS0655.pdf (ucab.edu.ve)
- García, L. (2021). Análisis de reforzamiento sísmico del edificio de docentes No1 de la *Universidad Técnica de Manabí. Revista Riemat, 6(1), 36-44*.
https://www.academia.edu/65304956/An%C3%A1lisis_de_Reforzamiento_S%C3%ADsmico_del_Edificio_de_Docentes_No1_de_la_Universidad_T%C3%A9cnica_de_Manab%C3%AD
- Guerrero Cuasapaz, D. P. (2022). Análisis técnico y económico del diseño por desempeño de edificios con estructura de acero utilizando arriostramientos concéntricos. *Revista Gaceta Técnica, 20(20), 41-59*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20052.86409>
- Guerrero, D. (2015, 1 diciembre). Evaluación técnica económica del diseño por desempeño de edificios con estructura de acero utilizando diversos tipos de arriostramientos laterales. [Tesis maestría]. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12471>
- Herrera, R. (2016). Análisis estructural y respuesta sísmica del edificio torre 4 del Estadio Capwell - Estudio de métodos de protección sísmica para la estructura. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Repositorio de ESPOL <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/36442>
- Jara, J. M. (1994). Estado del arte sobre dispositivos para reducir daños provocados por temblores. *Revista de Ingeniería sísmica, 47, 35-79*.
<https://doi.org/10.18867/ris.47.277>
- Mittal, A. (2019). Edificio de acero de varias plantas Parte 3: Acciones, Steel Buildings in Europe. Estados Unidos: CTICM y SCI (pp.3-3,3-5). SSB03 Acciones (arcelormittal.com)
- Ochoa, K. (2020). *Diseño sismorresistente de los elementos que conforman los pórticos arriostrados concéntricamente*. [Tesis pregrado]. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Repositorio Digital USFQ
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9980>
- Sarmanho Freitas, A. (2017). *Características del sistema Steel framing (SF) en Asociación Latinoamericana del Acero, Alacero, Steel framing*. Arquitectura

(pp.11-27). <https://galleton.net/index.php/es/libros-pdf/libros-varios/item/17141-steel-framing-arquitectura-pdf-arlen-maria-sarmanho-freitas>

Ugel G., (2016). Revisión paramétrica del comportamiento sismo-resistente de edificios de acero de gran altura con diferentes configuraciones de rigidizadores laterales. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 28(2), 265-278.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000200010&lng=es&tlng=es.

Tosoni, R., (2017). *Recuperación de edificios mediante dispositivo independiente "bielas vinculantes" del tipo histerético para protección sísmica*. México Document. <https://es.scribd.com/document/99143536/Diseno-Sismo-Resistente-para-recuperacion-de-edificios-CABLEADO-R-Tosoni#>.

Vielma, J. C., & Mendoza, E. (2018). Respuesta sísmica de pórticos de acero con diagonales concéntricas tipo V invertida diseñados conforme a las normas venezolanas. *Revista Ingeniería UC*. Vol. 18, N° 1. 88-98.
https://www.researchgate.net/publication/271643663_Capitulo_6_VULNERABILIDAD_DE_EDIFICIOS_DE_ACERO_CON_DIAGONALES_CONCENTRICAS_TIPO_V_INVERTIDA

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Indexaciones

