UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Escuela de Posgrados

Evaluación de los espectros de respuesta de piso de un edificio irregular de acero

Maestría en Ingeniería Civil con mención en Estructuras Sismorresistentes

Autor:

Leonel Octavio Yumbla Cadme

Director:

Pablo Quinde

Cuenca, Ecuador – 2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación:

A mis padres Manuel y Zoila.

A mi hermano Fernando.

A mi tía Nube por sus consejos.

Y a todos quienes me han apoyado a lo largo de este camino.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios por la vida, salud y voluntad que me han permitido llegar hasta aquí.

A la Universidad del Azuay y a su cuerpo docente por la oportunidad de formación brindada durante el desarrollo de la maestría.

A mis tutores, Bryan Chalarca y Roberto Merino, por su invaluable tiempo, su incondicional voluntad y la amplia experiencia brindada para la realización de este trabajo.

Resumen

El diseño sismorresistente de Componentes No Estructurales (CNEs) requiere estimaciones precisas de las aceleraciones inerciales, evaluadas mediante Espectros de Respuesta de Piso (ERP). Sin embargo, las normativas actuales asumen respuestas traslacionales uniformes, ignorando las amplificaciones dinámicas en edificaciones asimétricas. La presente investigación evalúa la precisión de los métodos normativos (ASCE 7-16, ASCE 7-22 y Eurocódigo 8) y analíticos simplificados de última generación (Vukobratović & Fajfar, Merino et al.) frente a los resultados de un Análisis Dinámico Tiempo-Historia No Lineal (NLTH). Como caso de estudio, se evaluó un edificio de acero de seis niveles con irregularidades en planta y elevación, modelado con plasticidad distribuida en OpenSeesPy y sometido a 22 pares de registros sísmicos (FEMA P-695) escalados a tres niveles de intensidad (Servicio, Diseño y Máximo Considerado).

Los resultados evidencian que la asimetría genera una severa dispersión espacial en los diafragmas superiores, amplificando las aceleraciones en los bordes flexibles en más de un 160% respecto al centro de masas; fenómeno que es parcialmente mitigado por la disipación de energía inelástica bajo sismos extremos. Se demostró que las normativas vigentes fallan críticamente al omitir la contribución de los modos superiores, subestimando la demanda en los pisos inferiores en más de un 150%, siendo la actualización ASCE 7-22 el enfoque menos conservador. Por el contrario, los métodos simplificados, destacando la formulación de Merino et al. (2020), capturan con alta precisión el efecto de los modos altos y la ductilidad. No obstante, al derivarse de superposiciones bidimensionales, ningún método analítico actual logra envolver las amplificaciones locales inducidas por torsión pura. Se concluye que, para garantizar un diseño resiliente, es imperativo complementar estas metodologías con factores de amplificación espacial.

***Palabras clave**: Espectros de respuesta de piso, componentes no estructurales, análisis tiempo-historia no lineal, irregularidad torsional, amplificación espacial.*

Abstract

The seismic design of non-structural components (NSCs) requires accurate estimates of inertial accelerations, evaluated using floor response spectra (FRS). However, current codes assume uniform translational responses, ignoring dynamic amplification in asymmetric buildings. This research evaluates the accuracy of code-based methods (ASCE 7-16, ASCE 7-22, and Eurocode 8) and state-of-the-art simplified analytical methods (Vukobratović & Fajfar, Merino et al.) compared to the results of a Nonlinear Time-History Analysis (NLTH). As a case study, a six-story steel building with irregularities in plan and elevation was evaluated. The building was modeled using distributed plasticity in OpenSeesPy and subjected to 22 pairs of seismic records (FEMA P-695) scaled to three intensity levels (Serviceability, Design, and Maximum Considered).

The results show that asymmetry causes severe spatial dispersion in the upper diaphragms, amplifying accelerations at the flexible edges by more than 160% relative to the center of mass; this phenomenon is partially mitigated by inelastic energy dissipation during extreme earthquakes. It was demonstrated that current codes fail critically by omitting the contribution of higher modes, underestimating the demand on lower floors by more than 150%, with the ASCE 7-22 update being the least conservative approach. In contrast, simplified methods—notably the formulation by Merino et al. (2020)—capture the effect of higher modes and ductility with high accuracy. However, because they are derived from two-dimensional superpositions, no current analytical method is able to account for local amplifications induced by pure torsion. It is concluded that, to ensure a resilient design, it is imperative to complement these methodologies with spatial amplification factors.

Keywords: Floor response spectra, nonstructural components, nonlinear time-history analysis, torsional irregularity, spatial amplification.

Pablo David Quinde Martinez

Director del Trabajo de Titulación