



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPARACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EDIFICACIONES DE HORMIGÓN
ARMADO CON COLUMNAS REGULARES E IRREGULARES EN QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: Francisco Antonio Tapia Moreno

TUTOR: Marlon Manolo Arévalo Navarrete

Quito - Ecuador
2023

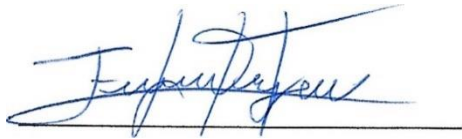
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Francisco Antonio Tapia Moreno con documento de identificación N° 1723816136 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 13 de febrero del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Francisco Tapia', is written over a horizontal line.

Francisco Antonio Tapia Moreno
1723816136

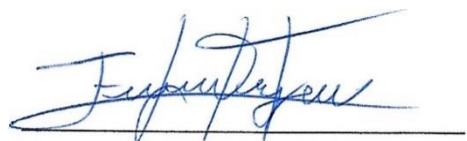
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Francisco Antonio Tapia Moreno con documento de identificación N° 1723816136, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor Artículo Académico: “Comparación del efecto P-Delta en edificaciones de Hormigón armado con Columnas regulares e irregulares”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de febrero del 2023

Atentamente,



Francisco Antonio Tapia Moreno

1723816136

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlon Manolo Arévalo Navarrete con documento de identificación N° 1706746029, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: COMPARACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EDIFICACIONES DE HORMIGÓN ARMADO CON COLUMNAS REGULARES E IRREGULARES, realizado por Francisco Antonio Tapia Moreno con documento de identificación N° 1723816136, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Marlon Manolo Arévalo Navarrete, MSc.

1706746029

COMPARACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EDIFICACIONES DE HORMIGON ARMADO CON COLUMNAS REGULARES E IRREGULARES EN QUITO

COMPARISON OF THE P-DELTA EFFECT IN REINFORCED CONCRETE BULIDINGS WITH REGULAR AND IRREGULAR COLUMNS IN QUITO

Francisco Antonio Tapia Moreno¹

Resumen

El efecto P-Delta, es un análisis secundario no lineal, que es producto de la aplicación de una carga axial a elementos estructurales, cuyo análisis se torna complejo en estructuras de gran altura y secciones esbeltas.

En este trabajo se realizó una comparación de la incidencia de columnas regulares (rectangulares) e irregulares (tipo L) sobre el efecto P-Delta en una edificación de hormigón armado. Este edificio fue analizado con un software de diseño estructural basándose en la norma NEC 2015.

Durante el proceso de diseño y modelamiento se fue optimizando dimensiones de vigas y columnas en las dos direcciones, como también la cuantía de acero, para finalmente obtener las derivas de cada piso.

Con los resultados obtenidos se establecieron diferencias en las derivas de piso, las que son consecuencia de la geometría y armado de los elementos propuestos.

Palabras Clave: Columnas, Derivas, Estructura, Efecto P-Delta.

Abstract

The P-Delta effect is a non-linear secondary analysis, which is the product of the application of an axial load to structural elements, whose analysis becomes complex in tall structures and slender sections.

In this work, a comparison of the incidence of regular (rectangular) and irregular (type L) columns on the P-Delta effect in a reinforced concrete building was made. This building was analyzed with a structural design software based on the NEC 2015 standard.

During the design and modeling process, dimensions of beams and columns were optimized in both directions, as well as the amount of steel, to finally obtain the drifts of each floor.

With the results obtained, differences were established in floor drifts, which are a consequence of the geometry and reinforcement of the proposed elements.

Keywords: Columns, Drifts, Structure, P-Delta Effect.

¹ Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil – Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – Ecuador

Autor para correspondencia: ftapiam@est.ups.edu.ec

1. Introducción

El diseño de las estructuras de hormigón en la actualidad, tienen como principal objetivo resistir cargas laterales muy elevadas, como son las cargas que se producen durante un terremoto. En el ASCE 7-16, se establecen valores de resistencia, los que le otorga estabilidad y esto se lo refleja en los desplazamientos obtenidos, mediante un análisis elástico. [1]

Las cargas a las que son sometidas las estructuras son de gravedad y laterales, como consecuencia de estas cargas, se produce un efecto conocido como P-Delta, esto se da, ya que, el punto de aplicación de las cargas verticales se modifica. El momento de volteo, se produce por la aplicación de carga en las fachadas de la edificación que son soportadas por las columnas.

Mallikarjuna y Ranjith (2014), en su artículo de investigación “Stability Analysis of Steel Frame Structures: P-Delta Analysis”, en la revista IJERT (International Journal of Engineering Research and Technology), menciona que las estructuras de grandes alturas requieren de análisis específicos, previo a su modelación, en donde su principal objetivo es proporcionarle estabilidad a la estructura, para esto se trabaja con distintas secciones ya sean cuadradas o circulares a diferentes alturas, cuyas conexiones entre viga y columna tienen que formar un marco rígido, y de esta manera llegar a un diseño óptimo, estable y de alta resistencia. Producto de un análisis incorrecto, se han presentado casos de estructuras inestables, requiriendo un análisis minucioso del efecto P-Delta, es decir, cuando la estructura soporta cargas a las que no fueron diseñadas como: carga muerta, carga viva y carga de viento como también fenómenos naturales, se producen efectos de pandeo y balanceo. [2]

Lakhmi y Sruthi (2008), mencionan en su artículo “Influencia del efecto P-Delta en el hormigón armado edificios con irregularidad vertical”, en la revista internacional IJERT (International Journal of Engineering Research

and Technology), que ha surgido un aumento de construcciones de estructuras irregulares en planta y elevación, siendo estos inestables al ser sometidos a eventos sísmicos y cargas, provocando ciertos efectos secundarios y en varios casos su colapso. [3]

Rodríguez Jairo (2020), en su tesis “Influencia del efecto P-Delta en edificios de concreto armado con y sin muro de corte” menciona que, al momento de analizar los resultados con muros de corte la influencia no es considerable ya que los desplazamientos son mínimos, mientras tanto que sin muros de corte los desplazamientos llegan casi al límite [4]; esto nos da una pauta para poder comparar con los resultados que se obtengan de nuestra modelación.

En general las secciones más utilizadas en un diseño estructural, son cuadradas, que, a través de un buen diseño, cumplen con cada uno de los requerimientos establecidos por la NEC 2015. En el presente trabajo se planea realizar un análisis de la no linealidad en las estructuras, es decir, el efecto P-Delta, tanto para secciones “rectangulares” como “tipo L”, y de esta manera analizar el comportamiento que se produce de acuerdo a la sección, según el diseño.

2. Materiales y Métodos

2.1. Metodología

En el presente trabajo se realizó una investigación exploratoria que según Nieto N. “sirve para ejercitarse en las técnicas de documentación, familiarizarse con la literatura bibliográfica, hemerográfica y documentos, sobre las cuales se elabora los trabajos científicos como las monografías, ensayos, tesis y artículos científicos” [5] ya que del tema propuesto no existe suficiente bibliografía, esto da paso para continuar con la línea de investigación del tema y poder profundizar en otros aspectos que sirvan como guía para futuros ingenieros y estudiantes.

A continuación, se realiza la descripción de la investigación desarrollada con columnas regulares y columnas irregulares.

Como primer paso se realizó el prediseño de los elementos estructurales como vigas, columnas y losa.

Para nuestro caso se utilizó el software ETABS, en donde se inició la modelación, se crea los materiales y elementos estructurales con las dimensiones del prediseño.

Tabla 1: Propiedades de materiales

| | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Resistencia a la compresión | $F'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ |
| Peso específico | $\gamma_c = 2400 \text{ kg/cm}^3$ |
| Módulo de elasticidad H_o | $E_c = 252903,45 \text{ kg/cm}^2$ |
| Módulo de corte H_o | $G_c = 105376,02 \text{ kg/cm}^2$ |
| Módulo de Poisson H_o | 0,2 |
| Acero de refuerzo | $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ |
| Módulo de elasticidad A_s | $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ |

Concluido el proceso anterior, se procede a crear las cargas a las que va estar sometida la estructura como son carga viva (depende el uso) y carga muerta que corresponde a el peso propio de las elementos y acabados.

Tabla 2: Cargas

| | |
|-------------------|----------------------|
| Viva (Vivienda) | 200 kg/m^2 |
| Muerta (Acabados) | 180 kg/m^2 |

Con todos los datos ingresados anteriormente se procedió a correr el software, los resultados obtenidos se los compara con los valores restrictivos de la NEC 2015.

En este caso la estructura soportó de manera adecuada el análisis y se procedió a extraer los valores de derivas de piso, participación modal y periodo de la estructura.

Una vez terminado el análisis del primer sistema estructural (columnas rectangulares) se

procedió de la misma manera con el segundo caso de análisis, que incluye columnas irregulares (tipo L).

Concluido el análisis de los dos casos se obtuvieron los resultados de: deriva de piso, participación modal y comparar valores para llegar a la determinación de que sistema estructural ayuda a controlar de mejor manera el efecto P – Delta.

3. Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los resultados de cada caso de estudio como son columnas rectangulares y columnas tipo L.

El edificio se encuentra ubicado en el sector de Ponciano en la parte norte de la ciudad de Quito.

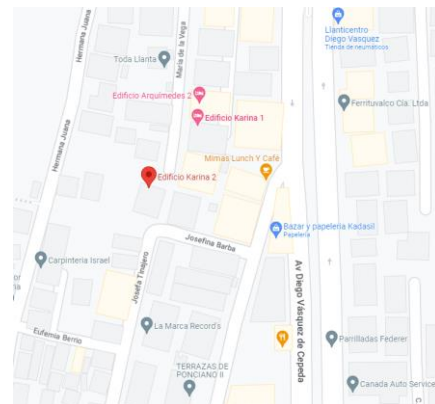


Figura 1: Ubicación del proyecto

En base a las tablas y relaciones de la NEC 2015 se estableció el periodo aproximado de vibración de los dos modelos estructurales.

Tabla 3: Factores de diseño de suelo

| | |
|--------------|-----------|
| Ubicación= | Quito |
| z= | 0,4 (g) |
| suelo= | D |
| Fa= | 1,2 |
| Fd= | 1,19 |
| Fs= | 1,28 |
| N pisos= | 4 |
| Altura piso= | 14,55 (m) |
| Ct= | 0,055 |
| α = | 0,9 |
| n= | 2,48 |
| Φ_e = | 0,9 |
| Φ_p = | 0,9 |
| I= | 1 |
| R= | 8 |

Con estos datos se define el periodo aproximado de la estructura:

$$T = 0.612 \text{ (seg)}$$

Para encontrar la aceleración (S_a) primero se determinó el periodo límite de vibración (T_c) obteniendo los siguientes resultados:

$$T_c = 0.698 \text{ (seg)}$$

$$S_a = 1.190 \text{ (g)}$$

3.1 Edificio con columnas rectangulares

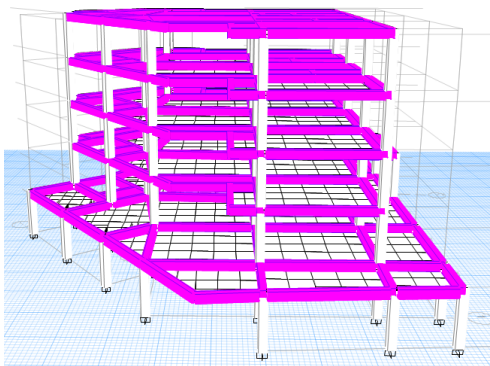


Imagen 1: Modelo con columnas rectangulares

Con la información anterior se ejecutó el software estructural obteniendo los resultados que se describen a continuación:

Tabla 4: Dimensiones de elementos estructurales

| | |
|----------|--------------|
| Columnas | 40 x 40 (cm) |
| Vigas | 30 x 45 (cm) |
| Losa | 25 (cm) |

Se obtuvieron los modos de vibración con su respectivo periodo:

Tabla 5: Periodos de cada modo de vibración

| Case | Mode | Periodo (sec) |
|-------|------|---------------|
| Modal | 1 | 0,762 |
| Modal | 2 | 0,75 |
| Modal | 3 | 0,624 |
| Modal | 4 | 0,264 |
| Modal | 5 | 0,259 |
| Modal | 6 | 0,217 |
| Modal | 7 | 0,162 |
| Modal | 8 | 0,161 |
| Modal | 9 | 0,14 |
| Modal | 10 | 0,118 |
| Modal | 11 | 0,116 |
| Modal | 12 | 0,102 |

Se tomó como periodo máximo $T = 0.762$ (seg) del primer modo, también se verificó que en los 2 primeros modos se tiene un movimiento traslacional en el eje “X – Y”, y en el tercer modo se tiene un movimiento giratorio en el eje “Z” con los siguientes valores:

Tabla 6: Modos de vibración

| Case | Mode | UX | UY | Sum RZ |
|-------|------|--------|--------|--------|
| Modal | 1 | 0,4772 | 0,2578 | 0,0004 |
| Modal | 2 | 0,255 | 0,4722 | 0,0004 |
| Modal | 3 | 0,0014 | 0,0054 | 0,6203 |

En la siguiente tabla se muestra el modo en que se alcanza la estructura su participación modal, para nuestro caso se analizaron 12 modos.

Tabla 7: Participación modal

| Case | Mode | Sum UX | Sum UY | Sum RZ |
|------|------|--------|--------|--------|
| Mode | 1 | 0,477 | 0,258 | 0,0004 |
| Mode | 2 | 0,732 | 0,73 | 0,0004 |
| Mode | 3 | 0,734 | 0,735 | 0,6203 |
| Mode | 4 | 0,842 | 0,789 | 0,6248 |
| Mode | 5 | 0,899 | 0,899 | 0,6348 |
| Mode | 6 | 0,9 | 0,902 | 0,8332 |
| Mode | 7 | 0,901 | 0,971 | 0,8461 |
| Mode | 8 | 0,976 | 0,972 | 0,8591 |
| Mode | 9 | 0,976 | 0,976 | 0,9691 |
| Mode | 10 | 0,976 | 0,996 | 0,9746 |
| Mode | 11 | 0,997 | 0,997 | 0,975 |
| Mode | 12 | 0,997 | 0,997 | 0,9975 |

Como se puede observar la participación modal se alcanza en el modo 9, esto cumple con la norma que menciona, que se debe alcanzar el mínimo 90% en los 3 ejes principales.

Para obtener el corte basal estatico primero se obtuvo el peso de la estructura debido a las cargas aplicadas junto con su peso propio.

Tabla 8: Peso de la estructura

| Load Case/Combo | FZ (kgf) |
|-----------------|----------|
| Dead | 839246 |
| Sobrecarga | 231118 |

PESO TOTAL ESTRUCTURA = 1070,36 (ton)

$$V = \frac{ISa(Ta)}{R\phi_P\phi_E} * W$$

V=196.63 (tonf)

Este resultado de corte basal, se encontró de forma manual utilizando las relaciones de la norma NEC 2015, a continuación, se presenta los valores obtenidos con el software.

Tabla 9: Valores de Corte basal Estático

| Load Case | FX (tonf) | FY (tonf) |
|-------------|-----------|-----------|
| Sx Estático | -193,53 | 0,001374 |
| Sy Estático | 0,00253 | -193,53 |

El corte basal dinámico se obtuvo con las relaciones de la NEC 2015 y este corresponde al 85% del corte basal estático.

$$V_{dinamico} = V_{estatico} * 85\%$$

$$V = -193.53 * 85\%$$

$$V = -164.50 \text{ (tonf)}$$

Una vez obtenidos los datos, se procedió a analizar los valores de derivas de cada piso.

Tabla 10: Derivas en sismo dinámico en "X"

| Piso | Derivas elásticas X (mm) | Derivas inelásticas X (mm) | Derivas elásticas Y (mm) | Derivas inelásticas Y (mm) |
|------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 5 | 0,001838 | 0,011028 | 0,000243 | 0,001458 |
| 4 | 0,003241 | 0,019446 | 0,000417 | 0,002502 |
| 3 | 0,004172 | 0,025032 | 0,000553 | 0,003318 |
| 2 | 0,003782 | 0,022692 | 0,000561 | 0,003366 |
| 1 | 0,002068 | 0,012408 | 0,000345 | 0,00207 |

En esta tabla se puede observar que el valor máximo de deriva se presenta en el piso 3 con un valor de 0.025032, el mismo que es mayor al establecido (0.02) en la NEC 2015. [6]

3.2 Edificio con columnas tipo “L”

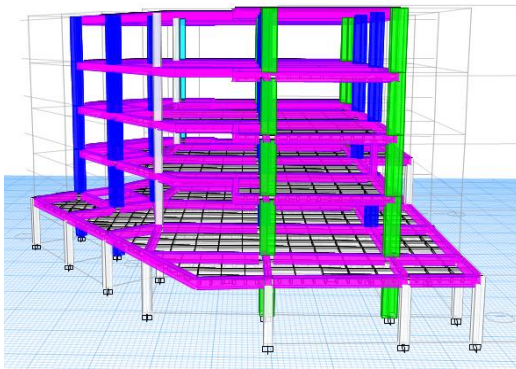


Imagen 2: Modelo con columnas tipo “L”

Para este segundo caso se tuvieron las siguientes dimensiones de elementos estructurales.

Tabla 11: Dimensiones de elementos estructurales

| | |
|------------------------|-------------------|
| Columnas rectangulares | 40 x 40 (cm) |
| Columna L | 65 x 65 x 30 (cm) |
| Columna L | 70 x 70 x 35 (cm) |
| Vigas | 30 x 45 (cm) |
| Losa | 25 (cm) |

De la misma forma que en el primer caso se obtuvieron los modos de vibración con su periodo.

Tabla 12: Periodos de cada modo de vibración

| Case | Mode | Periodo (sec) |
|-------|------|---------------|
| Modal | 1 | 0,605 |
| Modal | 2 | 0,586 |
| Modal | 3 | 0,502 |
| Modal | 4 | 0,188 |
| Modal | 5 | 0,183 |
| Modal | 6 | 0,161 |
| Modal | 7 | 0,1 |
| Modal | 8 | 0,099 |
| Modal | 9 | 0,09 |
| Modal | 10 | 0,063 |
| Modal | 11 | 0,062 |
| Modal | 12 | 0,056 |

En este segundo caso se obtuvo un periodo máximo de $T=0.605$ (seg) en el primer modo. Como en el primer caso se verificó los movimientos que se tiene en los 3 primeros modos.

Tabla 13: Modos de vibración

| Case | Mode | UX | UY | Sum RZ |
|-------|------|-------|-------|--------|
| Modal | 1 | 0,446 | 0,276 | 0,0008 |
| Modal | 2 | 0,264 | 0,444 | 0,0042 |
| Modal | 3 | 0,012 | 0,006 | 0,6422 |

Como se puede observar en esta tabla que el primer modo se tiene un movimiento en el sentido del eje “X”, en el segundo modo en el sentido del eje “Y” mientras que en el tercer modo si tiene un giro en el eje “Z”.

Para la participación modal de esta estructura se tiene los siguientes datos:

Tabla 14: Dimensiones de elementos estructurales

| Case | Mode | Sum UX | Sum UY | Sum RZ |
|-------|------|--------|--------|--------|
| Modal | 1 | 0,446 | 0,2758 | 0,0008 |
| Modal | 2 | 0,711 | 0,7198 | 0,0042 |
| Modal | 3 | 0,722 | 0,7257 | 0,6422 |
| Modal | 4 | 0,827 | 0,7892 | 0,6434 |
| Modal | 5 | 0,893 | 0,8919 | 0,658 |
| Modal | 6 | 0,893 | 0,8942 | 0,8656 |
| Modal | 7 | 0,953 | 0,9142 | 0,8674 |
| Modal | 8 | 0,971 | 0,9689 | 0,888 |
| Modal | 9 | 0,972 | 0,9725 | 0,9764 |
| Modal | 10 | 0,981 | 0,9886 | 0,9768 |
| Modal | 11 | 0,996 | 0,9962 | 0,977 |
| Modal | 12 | 0,996 | 0,9966 | 0,9978 |

En este caso se tiene que la participación modal en los 3 ejes principales se presenta en el modo 9.

Para el corte basal estático, se obtuvo el peso de la estructura debido a las cargas especificadas.

Tabla 15: Peso de la estructura

| Load Case/Combo | FZ (kgf) |
|--|-----------|
| Dead | 900804,9 |
| Sobrecarga | 231117,59 |
| PESO TOTAL ESTRUCTURA = 1131,92249 (ton) | |

$$V = \frac{ISa(Ta)}{R\phi_P\phi_E} * W$$

$$V = 207.94 \text{ (tonf)}$$

Como este resultado de corte se encontró en base a las relaciones de la NEC 2015, también se obtuvo el valor del software.

Tabla 16: Valores de Corte basal Estático

| Load Case | FX (tonf) | FY (tonf) |
|-------------|-----------|-----------|
| Sx Estático | -203,4429 | 7,40E-07 |
| Sy Estático | 2,05E-06 | -203,4429 |

En la NEC 2015 nos indica que el corte basal dinámico es el 85% del corte estático teniendo así el siguiente resultado:

$$V_{dinamico} = V_{estatico} * 85\%$$

$$V = -203.44 * 85\%$$

$$V = -172.93 \text{ (tonf)}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se procedió analizar las derivas de piso.

Tabla 17: Derivas en sismo dinámico en "X"

| Piso | Derivas elásticas X (mm) | Derivas inelásticas X (mm) | Derivas elásticas Y (mm) | Derivas inelásticas Y (mm) |
|------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 5 | 0,00179 | 0,01074 | 0,000505 | 0,00303 |
| 4 | 0,002549 | 0,015294 | 0,000704 | 0,004224 |
| 3 | 0,003001 | 0,018006 | 0,000852 | 0,005112 |
| 2 | 0,002619 | 0,015714 | 0,000756 | 0,004536 |
| 1 | 0,001203 | 0,007218 | 0,000344 | 0,002064 |

Se observa que la deriva máxima se presenta en el tercer piso con un valor de 0.018006, el cual es menor a la restricción de la norma NEC 2015 (0.02).

3.3 Comparación de resultados

En cuanto al periodo se tiene que, en el primer caso es mayor en un 26% más que el segundo.

Tabla 18: Periodos de vibración maximos

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Modelo con columnas rectangulares | 0,762 (seg) |
| Modelo con columnas tipo "L" | 0,605 (seg) |

Esta reducción del periodo se da porque en el segundo caso se tiene un mayor peso de la estructura, provocando que baje el periodo de vibración.

Para los movimientos en los 3 primeros modos de vibración se tiene:

Tabla 19: Modos de vibración

| Caso | UX | UY | Sum RZ |
|------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,4772 | 0,4722 | 0,6203 |
| 2 | 0,4463 | 0,444 | 0,6422 |

Como se observa en la tabla en el primer caso de estudio los movimientos en el sentido “X-Y” es mayor al segundo caso, mientras que para el movimiento en el eje “Z” es mayor en el segundo caso, esto sucede ya que se genera un tipo “pivote en la parte diagonal del edificio en donde se encuentra concentrado el ducto del ascensor y las columnas tipo “L” de mayor dimensión.

En la participación modal no existe diferencia en el modo que se presenta el 90%, dando así en ambos casos en el modo 9.

Tabla 20: Participación modal

| Caso | Sum UX | Sum UY | Sum RZ |
|------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,9759 | 0,9759 | 0,9691 |
| 2 | 0,9722 | 0,9725 | 0,9764 |

Por otro lado, en el peso de la estructura se tiene:

Tabla 21: Peso de la estructura

| Caso | Peso Total |
|------|------------|
| 1 | 1070,36369 |
| 2 | 1131,92249 |

Claramente en el segundo tiene mayor peso ya que se tiene sección de columnas más robustas, y esto provoca que el corte basal dinámico y estático aumenten en el segundo caso, teniendo los siguientes valores:

Tabla 22: Corte basal

| Caso | Corte basal Estático | Corte basal Dinámico |
|------|----------------------|----------------------|
| 1 | 196,63 | -164,5 |
| 2 | 207,94 | -172,93 |

Lo más notorio y en lo que controla el efecto P-Delta es la deriva de piso, y en nuestro caso se tienen los siguientes resultados:

Tabla 23: Derivas máximas

| Caso | Piso | Derivas elásticas X (mm) | Derivas inelásticas X (mm) | Derivas elásticas Y (mm) | Derivas inelásticas Y (mm) |
|------|------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | 3 | 0,004172 | 0,025032 | 0,000553 | 0,003318 |
| 2 | 3 | 0,003001 | 0,018006 | 0,000852 | 0,005112 |

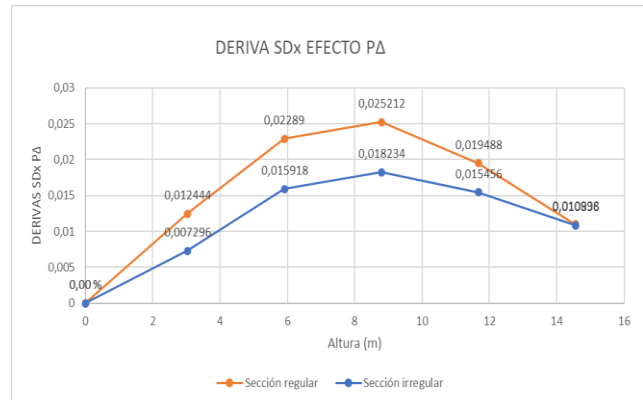


Gráfico 1: Comparación de derivas máximas

Con los resultados de la tabla se aprecia que existe una disminución de la deriva mas critica en el segundo caso esto se debe a que el área transversal de las columnas es más grande y esto ayuda a controlar de mejor manera el efecto P-Delta.

4. Conclusiones

El análisis del efecto P-Delta, es recomendable realizarlo en edificaciones que tengan más de 4 pisos, en donde este efecto tiende a presentarse debido a la altura y geometría de las columnas.

Comparando el corte basal estático y dinámico, se puede observar que en el segundo caso se tiene un aumento del 1.057% y 1.051% respectivamente en relación al primer caso.

Las máximas derivas en ambos casos se presentan en el piso 3, con una disminución en el segundo caso de la deriva inelástica en el eje “X” del 0.71%, esto se debe a que las columnas tipo “L” por tener mayor área transversal ayudan a

controlar las derivas de piso es decir que la estructura se mueva.

Referencias Bibliográficas

- [1] “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”, ASCE/SEI 7-16, EEUU, pp. 108.
- [2] B. Mallikarjuna y A. Ranjith. Stability Analysis of Steel Frame Structures: P-Delta Analysis. India: Karnataka, 2014, pp. 1.
- [3] S. Lakshmi y S. Chandran. Irjet-Influence of P-Delta effect on reinforced concrete buildings with vertical irregularity. India: Kerala, 2008, pp. 1.
- [4] J. Rodriguez “Influencia del efecto P-Delta en edificios de concreto armado con y sin muro de corte.” Proyecto de titulación, Universidad César Vallejo, Lima, Perú 2020
- [5] T. Grajales, “Tipos de investigación” 2000 pp 2
- [6] “Cargas no Sísmicas”, NEC – SE – Cargas Sísmicas, Ecuador, 2010, pp. 48
- [7] Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19).
- [8] M. Romo “Temas de hormigón armado” Escuela Politécnica del ejército ESPE, Ecuador, Quito, 2019.
- [9] L. Meztanza “Estudio comparativo del comportamiento sísmico de estructuras de concreto armado.” Proyecto de titulación Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú 2019.
- [10] L. Cristiano “Comparación del efecto P-Delta y la deriva en estructuras de concreto analizando en una zona de amenaza sísmica baja que cumplen en los requisitos de deriva de la NSR-98.” Proyecto de titulación Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia, 2008.