



**Universidad Latina de Costa Rica  
Laureate International Universities**

**Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Licenciatura en Ingeniería Civil**

**Tesis de grado:**

**“Evaluación sísmica en estructuras de concreto reforzado tipo marco  
mediante la modificación de la inercia agrietada en zonas de rótula  
plástica”**

**Autora:**

**Sinaí Soto Sagot**

**Tutor:**

**Ing. Andrés Reyes Bonilla**

**Lector:**

**Ing. Gerardo Chacón Rojas**

**Heredia, Costa Rica**

**Diciembre, 2017**





### TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "EVALUACIÓN SÍSMICA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO TIPO MARCO MEDIANTE LA MODIFICACIÓN DE LA INERCIA AGRIETADA EN ZONAS DE RÓTULA PLÁSTICA", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:



---

ING. ANDRÉS REYES BONILLA

TUTOR



---

ING. GERARDO ENRIQUE CHACÓN ROJAS

LECTOR



---

ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

**COMITÉ ASESOR**

**ING. ANDRÉS REYES BONILLA**

**TUTOR**

**ING. GERARDO ENRIQUE CHACÓN ROJAS**

**LECTOR**

**ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ**

**REPRESENTANTE DE RECTORÍA**



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (TESIS DE GRADO)**

Heredia, 5 de diciembre, de 2017

Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad (Tesis de Grado) bajo el título "Evaluación sísmica en estructuras de concreto reforzado tipo marco mediante la modificación de la inercia agrietada en zonas de rótulas plásticas" por parte del estudiante: Sinai Mayela Soto Sagot, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe cordialmente,



Ing. Andrés Reyes Bonilla



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (TESIS DE GRADO)**

Heredia, 5 de diciembre, de 2017

Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad (Tesis de Grado) bajo el título "Evaluación sísmica en estructuras de concreto reforzado tipo marco mediante la modificación de la inercia agrietada en zonas de rótulas plásticas" por parte del estudiante: Sinai Mayela Soto Sagot, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe cordialmente,



Ing. Gerardo Chacón Rojas

Heredia, diciembre de 2017

Universidad Latina de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Estimados señores:

Leí y corregí la tesis titulada: **“Evaluación sísmica en estructuras de concreto reforzado tipo marco mediante la modificación de la inercia agrietada en zonas de rótula plástica”**, elaborada por Soto Sagot Sinaí, cédula 207310607. Corregí aspectos como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan al escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Se revisó según el estilo APA. Considero que está lista para ser presentada como Trabajo Final de Graduación para optar por el Título y Grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Atentamente  


MSc. Dinorah Sánchez Fallas  
Filóloga U.C.R.  
Carné 004821  
Teléfono 83674395  
Correo sanfa2010@hotmail.com





## "Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación"

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

**Instrucción:** Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

**Yo (Nosotros):**

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Soto Sagot Sinai

De la Carrera / Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo): Tesis de Grado  
titulado:

Evaluación sísmica en estructuras de concreto reforzado tipo marco mediante la modificación de la inercia agrietada en zonas de rótula plástica

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) miércoles 13 del mes diciembre del año 2017 a las 3:00 pm. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores Según orden de mención al inicio de ésta carta:

Sinai Soto 



## Resumen

Se presenta una evaluación del comportamiento sísmico en la zona de rótulas plásticas mediante la variación de la inercia con el fin de obtener una propuesta de factores de reducción que sea más conservadora que la estipulada por el Código Sísmico de Costa Rica. Dicha evaluación se realiza a partir de la modelación de tres estructuras de 4, 8 y 12 niveles tipo marco en el programa de análisis estructural SAP2000 en su versión estudiantil, posteriormente se obtiene el comportamiento de la estructura con base en el CSCR y se compara con códigos y metodologías internacionales.

Se obtiene la respuesta sísmica de cada una de las estructuras (periodo, deriva y cortante basal) y se contempla la variación porcentual en diversos casos como: al fraccionar la viga en las zonas de rótula plástica, al utilizar un factor de reducción en el tramo central de la viga de 0.5 y 1.0, al variar el enfoque de diseño para la escogencia del factor de reducción de inercia (códigos o metodologías) y finalmente la variación de resultados de deriva y de cortante basal entre niveles.

Los resultados obtenidos muestran que el código en el país es muy conservador porque al comparar sus resultados con los obtenidos por otros códigos y metodologías de diseño estos anduvieron por encima del 10 % de variación. Se propone un valor de factor de modificación de inercia de 0.4 y 0.60 para vigas y columnas, respetivamente, con base en el comportamiento de las estructuras en este proyecto.

**Palabras clave:** Inercia agrietada, Código Sísmico de Costa Rica, Rótula plástica, Deriva, Periodo, Cortante basal.

## **Abstract**

It is presented an evaluation about the seismic behavior in the plastic ball joints through the variation of inertia, with the goal of obtaining a proposal of reduction's factors more conservative than the one stipulated in the "*Código Sísmico de Costa Rica*". This evaluation is made from the modeling of three structures of 4,8 and 12 levels type frame in the program of structural analysis SAP2000 in its student version; later on, it is obtained the structure's behavior according to CSCR and it is compared with codes and international methodologies.

The seismic response of each one of the structures is obtained (period, drift, and basal shear) and it is contemplated the percentage variation in diverse cases like: at the time of fractionate the beam in the plastic ball joints, using a reduction factor in the beam's central section of 0.5 and 1.0, varying the design's focus for the election of the inertia's reduction factor (codes and methodologies) and finally, the variation of the drift's result and the basal shear among levels.

The results obtained show that our code is very conservative, given that at the time of comparing its results with the ones obtained by other codes and methodologies of design, these were above the 10% of variation. It is proposed a factor value of inertia modification of 0.4 and 0.60 for beams and columns, respectively, based on the behavior of the structures in this project.

**Keywords:** Cracked Inertia, *Código Sísmico de Costa Rica*, Plastic ball joints, Drift, Period, Basal Shear.

## Tabla de contenido

Introducción .....	18
Antecedentes .....	18
Planteamiento del problema .....	19
Hipótesis .....	20
Objetivos .....	21
Objetivo general .....	21
Objetivos específicos .....	21
Justificación .....	22
Alcance y limitaciones .....	22
Impacto .....	23
Capítulo I .....	24
1. Marco teórico .....	25
1.1 Marco teórico – conceptual .....	25
1.1.1 Aspectos principales del diseño sísmico .....	25
1.1.2 Enfoque de diseño .....	26
1.1.3 Funcionamiento de las rótulas plásticas .....	31
1.1.4 Momento de inercia .....	32
1.1.5 Inercia agrietada o inercia crítica .....	32
1.1.6 Criterios disponibles en la literatura para obtener un valor de inercia agrietada .....	34
1.1.7 Rigidez .....	34
1.1.8 Factores que influyen en la rigidez agrietada .....	35
1.2 Marco Situacional .....	35
Capítulo II .....	37
2. Marco metodológico .....	38
2.1 Definición del enfoque y métodos de investigación utilizados .....	38
2.2 Sujetos y fuentes de información .....	38
2.3 Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de datos .....	39
2.4 Sustentación de la confiabilidad y la validez de los instrumentos de la investigación .....	40
2.4 Enfoques e información de reducción de inercia agrietada en códigos internacionales y bibliografía .....	41
2.5.1 Metodología del ACI 318 .....	42
2.5.2 Código Sísmico de Costa Rica 2010 .....	42
2.5.3 Código de diseño de concreto armado de Nueva Zelanda .....	42
2.5.4 Eurocódigo .....	43
2.5.5 DDBD (Displacement- Based Seismic Design of Structures) .....	43

2.5.6 Otras bibliografías .....	44
2.6 Definición y operacionalización de variables.....	45
Capítulo III .....	46
3. Análisis de resultados .....	47
3.1 Descripción de la estructura de análisis.....	47
3.2 Modelos matemáticos.....	47
3.3 Edificio de 4 niveles con zona de rótula plástica protegida .....	49
3.3.1 Columnas .....	50
3.3.2 Vigas.....	52
3.3.3 Comparación del método estático y el método dinámico.....	53
3.4 Edificio de 8 niveles con zona de rótula plástica protegida .....	56
3.4.1 Columnas del nivel 1 al 4.....	57
3.4.2 Columnas del nivel 5 al 8.....	59
3.4.3 Vigas del nivel 1 al 4.....	61
3.4.4 Vigas del nivel 5 al 8.....	62
3.4.5 Comparación del método estático y el método dinámico.....	64
3.5 Edificio de 12 niveles con zona de rótula plástica protegida.....	67
3.5.1 Columnas del nivel 1 al 4.....	68
3.5.2 Columnas del nivel 5 al 7.....	70
3.5.3 Columnas del nivel 8 al 12.....	72
3.5.4 Vigas del nivel 1 al 4.....	74
3.5.5 Vigas del nivel 5 al 7.....	75
3.5.6 Vigas del nivel 8 al 12.....	77
3.5.7 Comparación del método estático y el método dinámico.....	78
3.6 Resultados de los modelos .....	81
3.6.1 Edificio de 4 niveles.....	82
3.6.2 Edificio de 8 niveles.....	85
3.6.3 Edificio de 12 niveles.....	88
3.7 Variación porcentual de derivas contemplando zona de rótulas plásticas y sin contemplar zona de rótulas plásticas (Tramo central 0.5 y 1.0).....	93
3.7.1 Edificio de 4 niveles.....	94
3.7.2 Edificio de 8 niveles.....	95
3.7.3 Edificio de 12 niveles.....	96
3.8 Variación porcentual de derivas utilizando en el tramo central de la viga un valor de reducción de momento de inercia de 0.5 y 1.0 .....	97
3.8.1 Edificio de 4 niveles.....	97

3.8.2 Edificio de 8 niveles.....	98
3.8.3 Edificio de 12 niveles.....	98
<b>3.9 Variación porcentual de periodos, deriva máxima y cortante basal con base al CSCR, ACI Y DDBD .....</b>	<b>99</b>
3.9.1 Edificio de 4 niveles.....	100
3.9.2 Edificio de 8 niveles.....	105
3.9.3 Edificio de 12 niveles.....	109
<b>3.10 Variación porcentual de derivas y cortante basal de los modelos de 8 y 12 niveles con base al modelo de 4 niveles.....</b>	<b>114</b>
3.10.1 Variación porcentual de derivas según enfoque en CSCR-2010.....	114
3.10.2 Variación porcentual de cortante basal según enfoque en CSCR-2010.....	115
3.10.3 Variación porcentual de derivas según enfoque en ACI 318 .....	117
3.10.4 Variación porcentual de cortante basal según enfoque en ACI 318.....	118
<b>Conclusiones .....</b>	<b>121</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>123</b>
Referencias bibliográficas.....	124
<b>Anexos .....</b>	<b>126</b>

## Lista de figuras

Figura 1: Curva de capacidad para comportamiento dúctil y frágil.....	31
Figura 2: Sección transformada para el cálculo del momento de inercia crítico. ....	33
Figura 3: Variación del momento de inercia efectivo de una sección en función del momento flector al que está sometida. ....	33
Figura 4: Razón de rigidez efectiva para columnas propuesto en el DDBD .....	44
Figura 5: Ejemplo de los modelos de estudio .....	47
Figura 6: Consideraciones generales para la evaluación inicial de los modelos.....	48
Figura 7: Consideraciones generales para la segunda evaluación de los modelos .....	49
Figura 8: Dimensiones de longitud y altura para el edificio de 4 niveles, en el eje de estudio A.....	49
Figura 9: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas rectangulares en un edificio de 4 Niveles .....	51
Figura 10: Diagrama de interacción de la columna de 55 cm x 55 cm .....	51
Figura 11: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas rectangulares en un edificio de 4 Niveles... ..	53
Figura 12: Variación del cortante basal para el edificio de 4 niveles, en el método estático y dinámico. ....	55
Figura 13: Desplazamientos máximos para el edificio de 4 niveles, en el método estático y dinámico. ....	55
Figura 14: Dimensiones de longitud y altura para el edificio de 8 niveles, en el eje de estudio A.....	56
Figura 15: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 60 cm x 60 cm en un edificio de 8 Niveles.....	57
Figura 16: Diagrama de interacción de la columna de 60 cm x 60 cm .....	58
Figura 17: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 50 cm x 50 cm en un edificio de 8 Niveles.....	59
Figura 18: Diagrama de interacción de la columna de 50 cm x 50 cm .....	60
Figura 19: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 86 cm en un edificio de 8 Niveles .....	61
Figura 20: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 86 cm en un edificio de 8 Niveles .....	63
Figura 21: Variación del cortante basal para el edificio de 8 niveles, en el método estático y dinámico. ....	66
Figura 22: Desplazamientos máximos para el edificio de 8 niveles, en el método estático y dinámico. ....	66
Figura 23: Dimensiones de longitud y altura para el edificio de 12 niveles, en el eje de estudio A.....	67
Figura 24: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 70 cm x 70 cm en un edificio de 12 Niveles.....	68
Figura 25: Diagrama de interacción de la columna de 70 cm x 70 cm .....	69
Figura 26: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 60 cm x 60 cm en un edificio de 12 Niveles.....	70
Figura 27: Diagrama de interacción de la columna de 60 cm x 60 cm .....	71
Figura 28: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 55 cm x 55 cm en un edificio de 12 Niveles.....	72
Figura 29: Diagrama de interacción de la columna de 55 cm x 55 cm .....	73
Figura 30: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 91 cm en un edificio de 12 Niveles.....	74

Figura 31: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 83,5 cm en un edificio de 12 Niveles.....	76
Figura 32: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 25 cm x 76 cm en un edificio de 12 Niveles.....	77
Figura 33: Variación del cortante basal para el edificio de 12 niveles, en el método estático y dinámico.....	80
Figura 34: Desplazamientos máximos para el edificio de 12 niveles, en el método estático y dinámico. ....	81
Figura 35: Periodos en segundos del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas.....	82
Figura 36: Deriva máxima del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas .....	83
Figura 37: Cortante basal del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas .....	84
Figura 38: Periodos en segundos del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas.....	85
Figura 39: Deriva máxima del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas .....	86
Figura 40: Cortante basal del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas .....	87
Figura 41: Periodos en segundos del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas.....	88
Figura 42: Deriva máxima del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas .....	89
Figura 43: Cortante basal del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas .....	90
Figura 44: Umbral de daño dependiente de la forma de curva capacidad .....	92

## Lista de tablas

Tabla 1:	44
Tabla 2:	50
Tabla 3:	50
Tabla 4:	52
Tabla 5:	52
Tabla 6:	53
Tabla 7:	54
Tabla 8:	54
Tabla 9:	56
Tabla 10:	57
Tabla 11:	58
Tabla 12:	59
Tabla 13:	60
Tabla 14:	61
Tabla 15:	62
Tabla 16:	62
Tabla 17:	63
Tabla 18:	64
Tabla 19:	65
Tabla 20:	67
Tabla 21:	68
Tabla 22:	69
Tabla 23:	70
Tabla 24:	71
Tabla 25:	72
Tabla 26:	73
Tabla 27:	74
Tabla 28:	75
Tabla 29:	75
Tabla 30:	76
Tabla 31:	77
Tabla 32:	78
Tabla 33:	79
Tabla 34:	79
Tabla 35:	82
Tabla 36:	83
Tabla 37:	84
Tabla 38:	85
Tabla 39:	86
Tabla 40:	87
Tabla 41:	88
Tabla 42:	89
Tabla 43:	90
Tabla 44:	94
Tabla 45:	94



Tabla 46:	95
Tabla 47:	95
Tabla 48:	96
Tabla 49:	96
Tabla 50:	97
Tabla 51:	98
Tabla 52:	98
Tabla 53:	99
Tabla 54:	100
Tabla 55:	101
Tabla 56:	101
Tabla 57:	102
Tabla 58:	102
Tabla 59:	103
Tabla 60:	103
Tabla 61:	104
Tabla 62:	104
Tabla 63:	105
Tabla 64:	105
Tabla 65:	106
Tabla 66:	106
Tabla 67:	107
Tabla 68:	107
Tabla 69:	108
Tabla 70:	108
Tabla 71:	109
Tabla 72:	109
Tabla 73:	110
Tabla 74:	110
Tabla 75:	111
Tabla 76:	111
Tabla 77:	112
Tabla 78:	112
Tabla 79:	113
Tabla 80:	113
Tabla 81:	115
Tabla 82:	115
Tabla 83:	116
Tabla 84:	116
Tabla 85:	117
Tabla 86:	117
Tabla 87:	118
Tabla 88:	118
Tabla 89:	119

## Introducción

### Antecedentes

El análisis sísmico de estructuras es muy reciente, es una disciplina que se enmarca en el campo del análisis estructural y tiene como objetivo efectuar la apreciación de la respuesta de una estructura a la ocurrencia de un evento sísmico. En el año 2007, Gálvez Villacorta indica que uno de los factores que más ha influido en el establecimiento de la teoría actual de análisis para el diseño sismorresistente de edificios, ha sido la experiencia derivada del comportamiento de las edificaciones ante los eventos sísmicos más severos.

Gálvez Villacorta (2007) menciona en su documento:

En un principio las respuestas que interesaban estaban basadas en resistencia, pero este criterio ha evolucionado y actualmente interesan las que se encuentran basadas en desplazamientos porque se ha llegado a la conclusión que son estos los que dañan las estructuras. Además, se ha demostrado que la capacidad de predicción de la demanda de resistencia (representada por el cortante en la base) es bastante superior las posibilidades de predicción de los desplazamientos en la estructura. (pág.1)

Dentro de los principales procedimientos de análisis sísmico se encuentran:

1. Análisis Estáticos Lineales (ALE), conocidos también como estáticos equivalentes
2. Análisis Dinámicos Lineales (ALD), se usan dos tipos:
  - 3 Tiempo-Historia
  - 4 Espectro de respuesta
- 5 Análisis Estáticos No Lineales (ANLE): su principal característica es utilizar sistemas equivalentes de un grado de libertad, para modelar una estructura de múltiples grados de libertad y que únicamente nos permiten apreciar respuestas globales de la estructura.

- 6 Análisis Dinámicos No Lineales (ANDL): cuando conociendo las propiedades de los materiales constitutivos de la estructura y de los elementos de los sistemas estructurales, se hace uso de registros de aceleración, en un cierto número de ellos, para predecir las respuestas del sistema, generalmente las que son basadas en desplazamientos. Las herramientas más conocidas son:

Elementos finitos

Macro elementos. (Gálvez Villacorta, 2007, pág.2)

Actualmente en el país, según lo indica el Código Sísmico de Costa Rica (2010, cap. 7), los dos métodos utilizados para el análisis sísmico de las estructuras son los métodos estático y el dinámico, los cuales permiten estimar mediante análisis elásticos, las fuerzas internas y los desplazamientos laterales de estructuras que se deforman en el rango inelástico, para una demanda sísmica que considera los efectos de sobrerresistencia y ductilidad global asignada, la cual afecta los valores del factor espectral dinámico, FED.

En cuanto a la inercia bruta de una viga de concreto el Código Sísmico de Costa Rica (2010, cap. 8) establece que este parámetro debe reducirse en un 50 % para contemplar el eventual agrietamiento de dicho elemento, caso contrario sucede en la columna donde se mantiene la inercia bruta (no se reduce) durante el análisis estructural del modelo. La reducción de capacidad y rigidez en el elemento estructural lleva a trabajar con un cierto factor de seguridad que representa las variaciones imprevistas que se pueden dar a lo largo de la vida útil de la estructura.

### **Planteamiento del problema**

La vibración en el suelo ocasionada por los sismos es la que genera peligro en las edificaciones que se cimientan sobre el mismo, al ocasionar un movimiento desde la base de la estructura. Por los movimientos vibratorios de las masas de los edificios, se generan fuerzas de inercia que inducen esfuerzos importantes en los elementos de la estructura y que pueden conducirla a la falla. Desde el punto de vista de ingeniería, no es relevante conocer la magnitud del sismo más que la intensidad con la que actúa sobre la estructura, realmente interesa controlar los efectos que ocasiona una sacudida sísmica en el sistema estructural de tal forma que una vez terminado el sismo la estructura no haya colapsado. (Bazán & Meli, 1985, pág.29)

Las fuerzas de inercia ponen en peligro la seguridad de la estructura. Se trata de un problema dinámico y que por irregularidad del movimiento del suelo y por la complejidad de los sistemas constituidos por las edificaciones, requiere de grandes simplificaciones para ser objeto de análisis como parte del diseño estructural de las construcciones. Se concluye entonces que pueden resultar críticas las fuerzas en las uniones entre los elementos estructurales, justamente en la zona de rótulas plásticas. Por esta razón, se desea analizar esta zona (rótula plástica) variando los valores de inercia simulando lo que pasa en la realidad cuando esta sección de la viga comienza a tener variaciones en su sección transversal ocasionada por agrietamiento o cuando se reduce la sección debido a eventos sísmicos.

En el proceso de investigación se modelan 3 estructuras tipo marco de 4, 8 y 12 pisos, diseñados con las mismas especificaciones técnicas, pero variando el momento de inercia de vigas y columnas. Se evalúan las derivas obtenidas para cada uno de los modelos primarios, tanto para el método estático como para el dinámico, tomando en consideración la zona de rótula plástica protegida; posteriormente se vuelve a evaluar el modelo, pero variando las inercias de las vigas (en la zona anteriormente mencionada) y para las columnas (en toda la sección), llamando entonces estos modelos como secundarios, esto con el fin de analizar cuál es el comportamiento sísmico de la estructura ante las variaciones en el sistema sismorresistente.

La recomendación que propone el Código Sísmico de Costa Rica para la reducción de los momentos de inercia para elementos en flexocompresión y en flexión, varía con lo recomendado por otros códigos internacionales y metodologías de diseño. Esta diferencia lleva a cuestionar si el diseño estructural con la reducción propuesta por el código es la correcta para obtener un análisis sísmico efectivo de la estructura.

### **Hipótesis**

Una variación en el factor de reducción de la inercia en la zona de rótulas plásticas presentará cambios sustanciales en los desplazamientos, deformaciones y fuerzas internas de los elementos, estudiar el accionar de esta redistribución de esfuerzos con dicha variación puede conducir a una mayor economía en el diseño de una estructura.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Realizar una evaluación sísmica en estructuras de 4, 8 y 12 niveles que permita calibrar apropiadamente los valores de inercia agrietada en las zonas de rótula plástica (zona protegida) para el análisis y el diseño de estructuras tipo marco.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar el predimensionamiento de las secciones transversales de vigas y columnas para cada caso de estudio.
2. Modelar las estructuras en dos dimensiones en la versión estudiantil de SAP2000 que simplifique el análisis estructural con las consideraciones de diseño correspondientes.
3. Relacionar los valores de desplazamiento obtenidos en el modelo contemplando la zona de rótulas plásticas, tanto para el método estático como para el dinámico.
4. Obtener los parámetros de respuesta de la estructura ante sollicitaciones sísmicas contemplando la variación de inercia en vigas y columnas, por medio del método dinámico.
5. Obtener los porcentajes de variación de una estructura con y sin la presencia de rótulas plásticas en el modelo y posteriormente variando la inercia en el tramo central de la viga en 0.5 y 1.0.
6. Comparar los factores de inercia agrietada propuestos por el Código Sísmico de Costa Rica (2010) con los utilizados por otras normativas internacionales como el ACI en Estados Unidos, Código de Diseño en Nueva Zelanda, Eurocódigo y por metodologías de diseño como el DDBD.

## **Justificación**

La justificación de este trabajo recae ante la necesidad de evaluar las articulaciones plásticas, cuando la estructura cede a la rotación provocando la plastificación en los apoyos, generadas justamente en la zona de unión viga-columna (apoyos), esta zona se vuelve crítica para soportar las cargas laterales ocasionadas por un evento sísmico. Con este trabajo variando la inercia en la zona de rótulas plásticas en vigas y en la sección completa de las columnas se evalúa si el sistema estructural “modificado” tiene las características necesarias para que la respuesta sísmica de la estructura sea la más favorable.

Su aplicación dentro del área del diseño estructural podría funcionar para tomar decisiones sobre el momento en el cual una unión viga – columna que tenga variaciones en la inercia, debido a daños ocasionados por eventos sísmicos o por fatiga del elemento (presencia de grietas), por ejemplo, debe ser rehabilitada para soportar la demanda de diseño y cuando no es necesario, esto siempre y cuando se tenga una estructura con las condiciones evaluadas en este trabajo de investigación. También será útil para valorar si al variar el momento de inercia en la zona de rótulas plásticas en vigas y en toda la sección de la columna se logra obtener una configuración para la reducción de inercia en el diseño distinta a la propuesta por el código.

## **Alcance y limitaciones**

- Los modelos analizados consistirán en sistemas estructurales tipo marco, en concreto reforzado, de cinco vanos, regulares en planta y en altura.
- Para todos los modelos se asumió que el material bajo la fundación es un perfil de suelo tipo S3, en zona sísmica III, ductilidad local irregular moderada asociada a los elementos estructurales y una ductilidad global asignada igual a 3.0.
- El análisis de los modelos se limitó al caso bidimensional ejecutando por separado el análisis sísmico correspondiente para los métodos estático y el dinámico.
- Como herramienta para el análisis estructural de cada modelo se utilizó una versión estudiantil de SAP2000 (Structural Analysis Program).

- Se realizará una comparación de los factores de reducción de inercia agrietada propuestos por la metodología actual de diseño sísmico empleada en el país y los factores de reducción de inercia agrietada contemplados en las metodologías de diseño y normativas internacionales utilizados en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Europa.

### **Impacto**

Los resultados obtenidos al terminar la investigación del comportamiento sísmico de la zona de rótulas plásticas, con las respectivas variaciones de inercia, en vigas y columnas, se podrán utilizar como una propuesta en el diseño estructural de manera que se empleen en Costa Rica parámetros más conservadores en la reducción de inercia en elementos de concreto. Mostrar parte de los resultados de manera gráfica es importante porque la facilidad de entendimiento que proporciona este método para el lector ante una cantidad relevante de información es fundamental para lograr observar el comportamiento en la zona de unión viga-columna, y todo esto con base en los parámetros de acciones sísmicas contemplados inicialmente en la propuesta del modelo.

## Capítulo I



# 1. Marco teórico

## 1.1 Marco teórico – conceptual

El diseño de estructuras para resistir sismos difiere del que se realiza para el efecto de otras acciones sobre la edificación. Lo particular del problema sísmico no solo es la complejidad de la respuesta estructural a los efectos dinámicos, sino sobre todo, se deriva de lo poco predecible que es el fenómeno y de las intensidades extraordinarias que pueden alcanzar sus efectos, asociado a que la probabilidad de que se presenten dichas intensidades en la vida esperada de la estructura es muy pequeña. (Bazán & Meli, 1985, pág. 30-33)

Por lo anterior, mientras que en el diseño para otras acciones se pretende que el comportamiento de la estructura permanezca dentro de su intervalo lineal y sin daño, aún para los máximos valores que pueden alcanzar las fuerzas actuantes, en el diseño sísmico se reconoce que no es económicamente viable diseñar las edificaciones en general, para que se mantengan dentro de su comportamiento lineal ante el sismo de diseño. El problema se plantea en forma rigurosa como uno de optimización, en que debe equilibrarse la inversión que es razonable hacer en la seguridad de la estructura con la probabilidad del daño que puede ocurrir.

### 1.1.1 Aspectos principales del diseño sísmico

Para Bazán & Meli en su libro titulado: “Diseño Sísmico de Estructuras”, indican que:

Debe darse a la estructura la habilidad de disipar de la manera más eficiente la energía introducida por el movimiento del terreno. En caso de sismos severos, es aceptable que buena parte de esta disipación de energía se realice con deformaciones inelásticas que implican daño, siempre que no se alcancen condiciones cercanas al colapso.

A grandes rasgos el diseño sísmico de una estructura implica las siguientes etapas:

- a) La selección de un sistema estructural adecuado: el sistema estructural debe ser capaz de absorber y disipar la energía introducida por el sismo sin que se generen efectos particularmente desfavorables, como concentraciones o amplificaciones dinámicas. De la idoneidad del sistema adoptado depende en gran parte el éxito del diseño.
- b) El análisis sísmico: los reglamentos definen las acciones sísmicas para las cuales debe calcularse la respuesta de la estructura y proporcionar métodos de análisis.
- c) El dimensionamiento de las secciones: los métodos de dimensionamiento de las secciones y elementos estructurales no difieren sustancialmente de los que se especifican para otros tipos de acciones.
- d) Detallado de la estructura: para que las estructuras tengan un comportamiento dúctil es necesario detallar sus elementos y conexiones para proporcionarles gran capacidad de deformación antes del colapso. (1985, pag.40)

Las etapas anteriormente mencionadas son básicas para realizar un diseño estructural adecuado. Cabe destacar que la forma en como se cumplan cada una de estas etapas depende de la metodología o el código de diseño utilizado en cada país.

### **1.1.2 Enfoque de diseño**

El procedimiento de diseño utilizado en Costa Rica no incluye una revisión explícita de la seguridad ante el colapso. Solo se supone que, al obedecer ciertos requisitos de ductilidad, la estructura dispondrá de capacidad de disipación inelástica de energía suficiente para evitar el colapso.

En el análisis del comportamiento sísmico de un edificio se deben tomar en consideración una serie de variables, tales como la ubicación geográfica del edificio (distrito, cantón, provincia), grado de importancia de la edificación (de acuerdo con su uso), tipo de suelo donde se va a construir, sistema estructural, ductilidad de la estructura, regularidad en planta y altura, entre otras. La ubicación geográfica del edificio y tipo de suelo donde se llevará a cabo la construcción de la estructura en cuestión, son muy importantes porque permiten determinar la magnitud de la aceleración pico efectiva de diseño,  $a_{ef}$ , para un periodo de retorno de 500 años. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 7)

Una variable importante para el análisis sismorresistente es la ductilidad global asignada  $\mu$ , la cual depende del sistema estructural utilizado, de la regularidad de la estructura y de la ductilidad local asociada a los elementos estructurales y sus uniones. Cabe destacar que una estructura se considera regular en planta y en altura cuando cumple con los requisitos que propone el Código Sísmico de Costa Rica en el artículo 4.3, el cual involucra una serie de variables tales como, la rigidez de traslación lateral de la estructura, la altura del edificio, excentricidades entre centro de masa y centros de rigidez, condiciones de los diafragmas, entre otros. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 4)

Con las variables mencionadas anteriormente se obtiene el valor del coeficiente sísmico a partir de la siguiente ecuación 1(Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap.5):

$$C = \frac{a_{ef} * I * FED}{SR}$$

(Ecuación 11)

Donde:

$a_{ef}$ = aceleración pico efectiva de diseño en la base de la estructura, se obtiene de la tabla 2.3 (CSCR-2010).

I= factor de importancia de la edificación, según la tabla 4.1 (CSCR-2010)

FED= factor espectral dinámico.

SR= factor de sobrerresistencia, se define como la razón entre la capacidad real sismorresistente y la capacidad nominal sismorresistente. Cuando se utilizan los métodos de análisis estático o dinámico, la sobrerresistencia es igual a 2.0 para estructuras tipo marco, dual y muro.

El Código Sísmico de Costa Rica presenta dos métodos de análisis, identificados como métodos estático y dinámico, los cuales describe como aquellos que, “Permiten estimar las fuerzas internas y los desplazamientos laterales de estructuras que se deforman en el rango inelástico.” (2010, cap.7)

El método estático consiste en realizar un análisis elástico-lineal del sistema estructural en estudio por un conjunto de fuerzas horizontales actuando en cada nivel, cuantificando de esta manera los efectos del sismo sobre la edificación. Estas fuerzas horizontales se obtienen a partir de un primer resultado del modo de oscilación. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 7)

Este método presenta varias limitantes en altura, en planta y según el número de pisos de la estructura, estas se encuentran citadas en el CSCR-2010 en el apartado 7.4.2. Cuando una estructura cumple con esas limitaciones, se puede calcular el cortante en la base, las fuerzas sísmicas por nivel, la estimación del periodo del primer modo de vibración y los desplazamientos elásticos. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 7)

El valor del cortante basal es importante para obtener la fuerza sísmica horizontal en cada dirección ortogonal, cuyo valor total es producto de la ecuación 2, (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 7):

$$V = C * W$$

(Ecuación 2)

Donde:

V= cortante en la base

C= coeficiente sísmico

$W = \sum_{i=1}^N W_i$ , peso total de la edificación para efectos sísmicos

$W_i$ = peso asignado para el nivel i

N= número total de pisos del edificio

La distribución de las fuerzas sísmicas por nivel está dada por la siguiente ecuación 3, (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 7):

$$F_i = V \frac{W_i * h_i}{\sum_{k=1}^N W_k * h_k}$$

(Ecuación 3)

Donde:  $F_i$ = fuerza sísmica aplicada al nivel i V= cortante en la base  $h_i$ = altura del nivel i sobre el nivel de la base.

Nota: las fuerzas sísmicas se deben aplicar en el centro de masa de cada nivel

Para la estimación del periodo del primer modo de vibración según el Código Sísmico de Costa Rica (2010, cap.7) se utiliza una ecuación bastante simplificada que básicamente da un supuesto o un primer valor de periodo con el cual se inician los cálculos para la obtención del coeficiente sísmico. Su estimación varía dependiendo del tipo de sistema sismorresistente que se tenga en cuestión, el periodo de vibración en este caso viene dado por:

$T = 0.10N$ , para edificios tipo marco, formados exclusivamente por marcos de concreto

Donde:

$T$ = periodo fundamental (en segundos)

$N$ = número total de pisos

Una vez calculada la distribución de fuerzas horizontales y los desplazamientos elásticos respectivos, se recalcula el periodo, pero ahora conforme a los desplazamientos, fuerzas sísmicas horizontales, peso de la estructura y aceleración de la gravedad, con base en la siguiente ecuación 4, propuesta por el Código Sísmico de Costa Rica (2010, cap.7) se obtiene el periodo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g} * \frac{\sum_{i=1}^N W_i * (\delta_i^e)^2}{\sum_{i=1}^N F_i * (\delta_i^e)}} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

$\delta_i^e$ = desplazamiento elástico en el nivel  $i$  debido a las fuerzas sísmicas horizontales

$g$ = aceleración de la gravedad, en las unidades correspondientes.

El método dinámico es más laborioso debido a la gran cantidad de información que se debe manejar para realizar el análisis sísmico de la estructura. La principal característica de este método es que toma en cuenta todos los modos de oscilación de la estructura, por lo tanto, el cálculo de las fuerzas se realiza con base en un análisis modal, el cual depende de las características de inercia y rigidez del sistema estructural. (Camacho, 2010)

Para el cálculo de los desplazamientos horizontales en cada nivel (ecuación 6) y las derivas (ecuación 7), se utiliza las siguientes ecuaciones 5 y 6 propuestas por el Código Sísmico de Costa Rica (2010, cap.7):

$$\delta_i = \alpha * \mu * SR * \delta_i^e$$

(Ecuación 5)

$$\Delta_i = \mu * SR * \Delta_i^e$$

(Ecuación 6)

Donde:

$\delta_i$ = desplazamiento inelástico absoluto horizontal del nivel i

$\Delta_i$ = deriva inelástica o desplazamiento inelástico relativo horizontal entre el nivel i y el nivel adyacente inferior

$\alpha$ =factor de desplazamiento inelástico

$\mu$ =ductilidad global asignada utilizada en el cálculo de las fuerzas

SR= factor de sobrerresistencia

$\delta_i^e, \Delta_i^e$ =desplazamiento elástico absoluto del nivel i y deriva elásticas entre el nivel i y el nivel adyacente inferior, respectivamente.

Se define como la razón de la deriva inelástica,  $\Delta_i/H$ , la diferencia entre el desplazamiento inelástico relativo de cualquier nivel con respecto al nivel anterior dividido entre la altura correspondiente del nivel en estudio. La deriva inelástica no debe exceder los valores estipulados en la tabla 7.2 del CSCR-2010, estos valores varían según la categoría de la edificación y el sistema estructural con el que se está diseñando. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap.7)

### 1.1.3 Funcionamiento de las rótulas plásticas

Las rótulas plásticas funcionan como amortiguadores de energía, permiten la rotación de la deformación plástica de la conexión viga-columna de manera rígida. Cuando se alcanza el momento plástico, una rótula plástica se genera en el miembro estructural con una fricción justamente en la unión que permite la rotación libre y ocurre en el momento plástico de forma constante. La ventaja principal de la formación de estas articulaciones plásticas es que constituyen una verdadera reserva estructural de todo el sistema.

El incremento de resistencia que la formación de rótulas plásticas genera varía según el grado de hiperasticidad y la cantidad de estas que se puedan formar. Esta variación está ligada con el tipo de estructura, con la ubicación y cantidad de rótulas. Según Perles: “Cuanto mayor sea el número de rótulas plásticas necesarias para formar el mecanismo de colapso, mayor será la energía necesaria para lograrlo, es decir, se incrementará la reserva estructural almacenada, se estará en presencia de un sistema resistente de gran ductilidad.” (2007, pág. 96)

De aquí la importancia de un adecuado diseño de la estructura que posibilite una óptima ubicación de las rótulas plásticas. Resulta peligroso que aparezcan en las columnas porque esto podría generar el mecanismo de piso flexible y por ende, su colapso inmediato (ver figura 1).

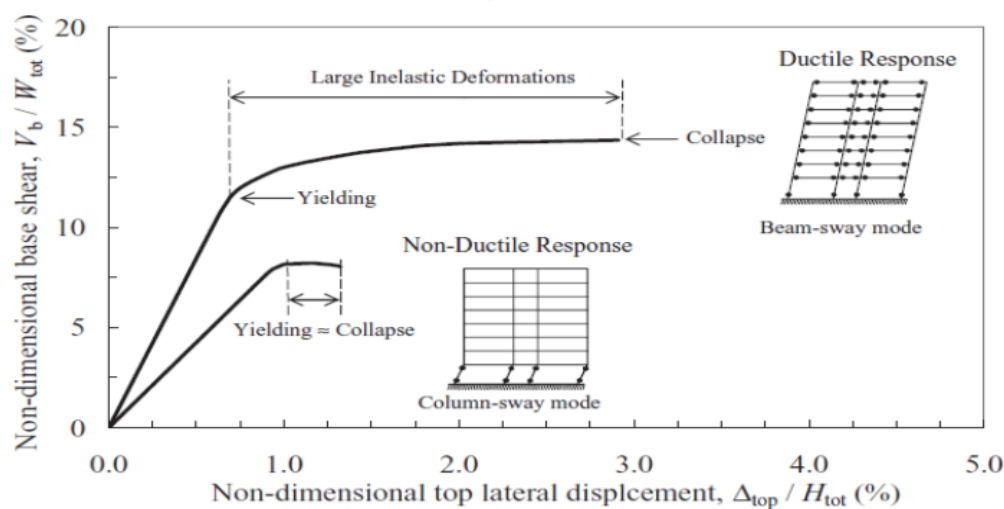


Figura 1: Curva de capacidad para comportamiento dúctil y frágil

Fuente: (Marte, 2014, pág. 21)

Como se muestra en la figura anterior se obtiene una respuesta no-dúctil de la estructura cuando se generan rótulas plásticas en las columnas generando el colapso de la misma con desplazamientos más cortos. Mientras que al diseñar una estructura dúctil se obtiene una respuesta más exitosa de la estructura permitiéndole mayores desplazamientos (zona de deformaciones inelásticas más prolongada).

#### **1.1.4 Momento de inercia**

El momento de inercia también es una propiedad geométrica de la sección transversal de los elementos estructurales en estudio. Considerando un eje transversal en el cuerpo de la figura, el momento de inercia es entonces la suma de los productos que se obtienen al multiplicar cada elemento de la masa por el cuadrado de su distancia al eje. (CASIOPEA, 2012, párr. 3)

El momento de inercia de un cuerpo depende de la distribución de la masa y de la posición del eje de rotación. Es decir, entre más masa esté alejada del eje de rotación mayor es el segundo momento de inercia, o sea, mayor rigidez tiene el elemento en esa posición de estudio. (CASIOPEA, 2012, párr. 5)

Cualquier cuerpo que efectúa un giro alrededor de un eje, como por ejemplo, una viga cuando se flexiona ante las acciones de diseño, desarrolla una inercia a la rotación, es decir, una oposición a cambiar su velocidad de rotación y la dirección de su eje de giro. (CASIOPEA, 2012, párr. 10)

#### **1.1.5 Inercia agrietada o inercia crítica**

Para Harmsen en su libro titulado “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” describe el momento de inercia crítico como:

Es el momento de inercia de la sección agrietada considerando la presencia de refuerzo. Para determinarlo se emplea el concepto de la sección transformada, dicho concepto es empleado para análisis elásticos y además es aplicable para este caso en el cual el concreto es analizado bajo las condiciones de servicio. (2005, pág. 203)



Dicho concepto se ilustra en la figura que se muestra a continuación (ver figura 2), donde se observa una sección transversal de un elemento estructural que se encuentra en presencia de una propuesta de acero en tensión y en compresión.

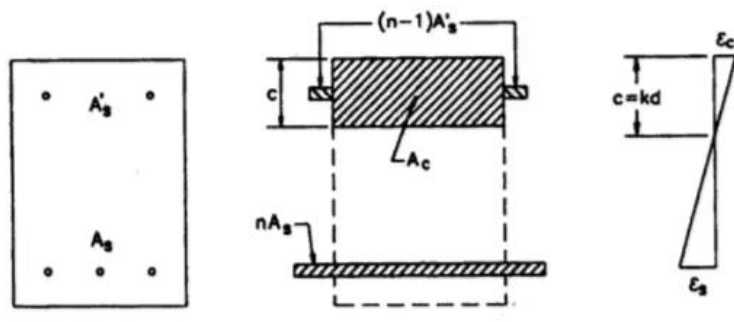


Figura 2: Sección transformada para el cálculo del momento de inercia crítico.

Fuente: (Harmsen, 2005, pág. 203)

En la figura 3 se muestra la variación del momento de inercia de una sección en función del momento al cual se encuentra sometida que ocasiona el agrietamiento. Tal y como se observa, dicha relación define la variación del momento de inercia de una sección sin agrietar a una agrietada. (Harmsen, 2005, pág. 204)

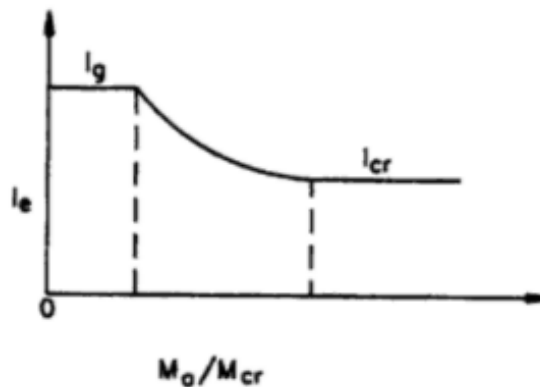


Figura 3: Variación del momento de inercia efectivo de una sección en función del momento flector al que está sometida.

Fuente: (Harmsen, 2005, pág. 204)

### **1.1.6 Criterios disponibles en la literatura para obtener un valor de inercia agrietada.**

Rivera, Terrón y Arce (2005, párr.4) indican en su artículo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural que:

Existen dos criterios para obtener un valor de inercia agrietada : ecuaciones y factores de reducción, el primero de ellos radica en procedimientos más precisos, pero más laboriosos, en las que se tienen que evaluar la resistencia y deformación de fluencia, y en algunos casos estimar la carga axial a compresión que lleva a la falla balanceada del miembro, dichos trabajos han sido realizados por los siguientes investigadores: Mirza, AIJ, CEB, y Mehanny, estudios que fueron elaborados desde la década de los 90, el segundo criterio consiste en aplicar factores de modificación en el momento de inercia de la sección sin agrietamiento para estimar el  $I_{cr}$ , tal como lo establece el ACI 318 (2005), Reglamento de Nueva Zelanda (1995) y trabajos como el de Paulay y Priestley (1992).

### **1.1.7 Rigidez**

La rigidez de un elemento estructural se puede definir como la capacidad de un sólido de soportar esfuerzos sin sufrir deformaciones ni desplazamientos, a través de coeficientes de rigidez se puede cuantificar este parámetro. En algunos casos se calcula la rigidez a través de una razón entre la fuerza que se ha aplicado y el desplazamiento que se produjo a raíz de los efectos de dicha fuerza. (Pérez & Merino, 2012, párr. 7)

Por ende, cuando se habla de la rigidez axial de una viga se hace referencia a la capacidad de ese elemento de soportar cargas que lo intentan estirar o compactar a raíz de la fuerza que se haya aplicado con base en su eje. En cuanto a la rigidez flexional de una viga se describe como la relación entre el momento flector que se aplicó en un extremo y el ángulo que se ha generado a partir del giro, al sufrir una deformación. (Pérez & Merino, 2012, párr. 8)

### **1.1.8 Factores que influyen en la rigidez agrietada**

Rivera et al cita a Paulay y Priestley, al contemplar lo siguiente dentro de su artículo:

Cuando la fibra extrema en la zona de tensión desarrolla esfuerzos superiores a la resistencia media a tensión del concreto en flexión, en un elemento de concreto reforzado, se considera una reducción en el área efectiva de la sección y por consiguiente, del valor del momento de inercia. Esto implica que para lograr obtener un valor representativo de  $I_{cr}$ , se deberá tomar en cuenta la geometría de la sección, la distribución y cantidad del refuerzo longitudinal en el caso de vigas, conforme incrementa la cuantía del acero tiende a disminuir el efecto de agrietamiento en la rigidez de la sección.

En el caso de las columnas, además de influir los factores ya mencionados para las vigas, también afecta el nivel de carga axial que influye a disminuir la zona de agrietamiento, de tal forma que conforme se incrementa la carga axial de compresión el valor de  $I_{cr}$  aumenta, aunque en columnas con una cantidad de acero de refuerzo longitudinal del cuatro por ciento el efecto de la carga axial casi no es notorio, según lo expresa Priestley. (2005, párr. 10-11)

Es importante indicar que también influyen las propiedades de los materiales como son: la resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ), el esfuerzo nominal de fluencia del acero longitudinal ( $f_y$ ) y el módulo de rotura del concreto por flexión ( $f_t$ ).

## **1.2 Marco Situacional**

El proyecto se lleva a cabo en Heredia, Costa Rica, dentro del marco de investigación fibras de carbono de la Universidad Latina de Costa Rica, existe un vacío en el estudio de la zona de rótulas plásticas en vigas en cuanto a los factores de reducción de inercia crítica que se utiliza en toda la sección de las vigas y columnas en las diversas metodologías de diseño y se desea comprobar cuál de ellas son realmente representativas en el comportamiento de las estructuras. Los códigos sísmicos analizan, sintetizan y proveen información importante que orientan y guían al profesional, con el fin de que todas las estructuras de edificios y obras civiles se diseñen respetando cada uno de sus

lineamientos. Desde que se publicó la primera versión del Código Sísmico de Costa Rica hasta la versión que se tiene hoy, se ha presentado una serie de eventos sísmicos alrededor del mundo y esto obliga a que cada día se mejoren las normas establecidas y por ende, el diseño de las edificaciones ante estas condiciones.

Los métodos anteriormente mencionados han sido analizados en varios proyectos de graduación, el que tiene más relación con el presente trabajo es el realizado por el Ingeniero Alberto González Volio, en ese entonces estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica. Dicho proyecto se basa en las mismas consideraciones de diseño y análisis porque forman parte de un mismo trabajo de investigación solo que el Ingeniero Alberto González analiza el comportamiento sísmico de una estructura tipo marco realizando variaciones en las inercias de los elementos estructurales, sin tomar en consideración las zonas de rótulas plásticas. Se realizará una comparación de los resultados obtenidos entre ambos trabajos de investigación a partir del cálculo de la variación porcentual de derivas.

## Capítulo II

## **2. Marco metodológico**

### **2.1 Definición del enfoque y métodos de investigación utilizados**

El enfoque de esta investigación será teórico, se define de esta manera porque se intenta descubrir el comportamiento de ciertos fenómenos por medio de la recolección de datos que profundizan cada vez los conocimientos ya existidos en la realidad. (Medina, 2013, párr. 3). En este caso se intenta observar el comportamiento tras la variación de inercia en las zonas de rótulas plásticas en vigas y en la longitud completa de columnas con el fin de obtener una tendencia del comportamiento del sistema estructural ante dichas variaciones. Es de relevancia considerar una serie de parámetros que influirán en los resultados por obtener, tales como:

- Para el análisis sismorresistente de las estructuras modeladas se utilizarán los métodos estático y dinámico, indicados en el Código Sísmico de Costa Rica 2010.
- Analizar todas las investigaciones posibles referentes al tema del presente proyecto.
- Evaluar las herramientas que se tienen a disposición para lograr el objetivo del proyecto, considerando entre ellas la más importante el uso del programa de análisis estructural SAP, en su versión estudiantil.
- Se definirán en los modelos estructurales las zonas de rótulas plásticas, realizando en cada una de ellas las variaciones correspondientes.

### **2.2 Sujetos y fuentes de información**

Las fuentes primarias proveen información directa sobre el tema de investigación. El curso de redacción de artículos científicos de la Universidad de Costa Rica cita a Bounocore donde define a las fuentes primarias cómo “las que contienen información original no abreviada ni traducida: tesis, libros, monografías, artículos de revista, manuscritos. Se les llama también fuentes de información de primera mano”. (2008, párr. 16)

Por otro lado, en el mismo curso de redacción de artículos científicos se cita a Bounocore cuando indica que las fuentes secundarias son aquellas que “contienen datos o informaciones reelaborados o sintetizados”. (2008, párr. 22). Un ejemplo de ella lo serían los resúmenes y obras de referencia.

El sujeto de información de este proyecto, como fuente primaria, es el “Código Sísmico de Costa Rica 2010”, en este documento se indican una serie de limitaciones y recomendaciones para el diseño sismorresistente de estructuras en el país. Dicho código ha sido modificado desde su primera versión hasta la actualidad gran cantidad de veces donde se pretende actualizarlo con la condición nacional en el ámbito de la construcción.

En caso de que exista alguna duda con respecto a algunos de los parámetros mencionados en el código, se puede recurrir a libros de análisis y diseño estructural, profesionales en el campo en estudio, literatura que hace referencia al análisis dinámico y estático de las estructuras porque el objetivo y los fundamentos son los mismos que en el Código Sísmico de Costa Rica 2010.

Otras fuentes primarias son los códigos y metodologías internacionales, tales como: ACI 318, Eurocódigo, Código Sísmico de Nueva Zelanda y la metodología DDBD.

Como fuente secundaria de información utilizada en este trabajo de investigación es la tesis presentada por el Ingeniero Alberto González Volio quien desarrolló el tema de: “Calibración de la inercia agrietada para el análisis de estructuras de marcos de concreto reforzado mediante la evaluación del CSCR-2010 y normativas internacionales”; cuyos resultados serán utilizados como complemento de los resultados obtenidos en este proyecto de graduación. Ambos trabajos analizan las mismas variables de inercia, pero proyectadas en diferentes zonas de la estructura limitado en un sistema sismorresistente tipo marco de 4, 8 y 12 pisos.

### **2.3 Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de datos**

Para el análisis estructural de los modelos evaluados en este trabajo de investigación se utilizó una versión estudiantil del programa SAP (Structural Analysis Program), dicho programa es una herramienta útil para la obtención de resultados relacionados con el comportamiento sísmico de una estructura. Es una herramienta computacional producida por la empresa CSI (Computers and Structures, Inc.) para el análisis y el diseño de estructuras tales como edificios u otros más complejos como puentes, tanques, etc.

Dentro de los pasos que se deberán seguir para cumplir cada uno de los objetivos del proyecto están:

1. Los edificios evaluados serán compuestos de un sistema sismorresistente tipo marco.
2. La altura de piso será la misma para todos los modelos.
3. El análisis se realizará en edificios de 4, 8 y 12 pisos.
4. Calcular las cargas permanentes y temporales a las que se someterá cada uno de los modelos de análisis.
5. Modelar cada uno de los casos con las solicitaciones necesarias para que el comportamiento del mismo sea lo más cercano posible a la realidad.
6. Con los datos obtenidos una vez que se produce el análisis por parte del programa, se procede a realizar una comparación de resultados de manera porcentual (con la tesis del ingeniero Alberto González) y además se presentarán tablas que muestran la variación en el comportamiento del modelo (desplazamientos) conforme se realizaron los cambios de inercia en las zonas anteriormente mencionadas.
7. Se mostrarán los resultados de manera gráfica comparando el método de análisis sísmico estático y dinámico propuesto en el Código Sísmico de Costa Rica 2010.
8. Se comprueba la deficiencia de los métodos de análisis sísmico propuestos en el código por medio de tablas comparativas de variación porcentual de periodos, derivas y cortante basal para cada uno de los casos con los diferentes códigos y metodologías contempladas para este trabajo.

#### **2.4 Sustentación de la confiabilidad y la validez de los instrumentos de la investigación**

Esta investigación está basada en los principios estipulados en el Código Sísmico de Costa Rica 2010, como se ha mencionado en apartados anteriores, los análisis sísmicos del método estático y dinámico han sido realizados con esta herramienta la cual ha sido utilizada durante años por muchos profesionales de ingeniería civil en sus proyectos de construcción. Por lo tanto, la validez y la confiabilidad de este trabajo de investigación se centra a su vez en un documento que ha sido elaborado por profesionales de diversas ramas de la carrera y además se mantiene en un proceso de revisión constante para futuras mejoras.



Para el análisis estructural de cada uno de los modelos se utilizó el programa llamado SAP en su versión estudiantil donde se agregaron todos los parámetros de diseño necesarios (cargas gravitacionales y laterales, propiedades del material por utilizar, dimensiones de los elementos, condición en los apoyos, entre otros) para que el programa realice su labor de la forma correcta, según toda la experiencia que tiene en el análisis de edificios y otros tipos de estructuras.

## **2.4 Enfoques e información de reducción de inercia agrietada en códigos internacionales y bibliografía.**

Para Rivera, Terrón y Arce (2006, párr. 8):

Si un edificio es analizado sobre una condición que no considera un agrietamiento en la sección dará lugar a un periodo de oscilación natural de la estructura cuya demanda sísmica, obtenida de un espectro de respuesta, será inferior a la que realmente experimentará el edificio, en consecuencia, el diseño no será conservador. Se puede entonces indicar que el agrietamiento del concreto es un factor determinante en la respuesta sísmica de edificios de concreto reforzado.

Durante el análisis estructural de la edificación ante la presencia de cargas laterales se realiza un procedimiento de cálculo mediante el cual se obtiene un valor de rigidez cercano o más alto que el de fluencia en sistemas de concreto reforzado. Valorando esta condición es que se reduce el momento de inercia de la estructura y por ende, se reduce directamente el valor de la rigidez. Diferentes códigos internacionales han establecido valores distintos basados en metodologías diferentes, los principales son el ACI en Estados Unidos, Nueva Zelanda y Europa. (González, 2017, pág. 38)

### 2.5.1 Metodología del ACI 318

En el reglamento para concreto estructural los valores recomendados de reducción de inercia para los diferentes elementos estructurales (vigas, columnas, muros agrietados y no agrietados), son listados como valores permitidos que pueden ser utilizados en un análisis de segundo orden y un análisis general elástico de primer orden. (ACI 318, 2005, cap.6). Estos valores son:

- Vigas  $0.35 I_g$
- Columnas  $0.70 I_g$
- Muros no agrietados  $0.70 I_g$
- Muros agrietados  $0.35 I_g$

### 2.5.2 Código Sísmico de Costa Rica 2010

El Código Sísmico de Costa Rica no indica mediante qué procedimientos se obtuvieron los valores recomendados para los factores de modificación de la inercia. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010, cap. 8) Los momentos de inercia equivalentes para el análisis de edificios de concreto reforzado son:

- $I_{eq} = 1.00 I_g$  para elementos en flexo compresión (Columnas)
- $I_{eq} = 0.50 I_g$  para elementos en flexión (Vigas)
- $I_{eq} = 1.00 I_g$  para muros no agrietados
- $I_{eq} = 0.50 I_g$  para muros agrietados

### 2.5.3 Código de diseño de concreto armado de Nueva Zelanda

Los factores de reducción indicados por el código de concreto armado de Nueva Zelanda se ajusta para diversos tipos de elementos estructurales, diversas condiciones de esfuerzos y cargas (NZ 3101, 2006, cap. 6). Dicho código recomienda los siguientes valores de diseño:

- Vigas  $0.35 I_g$
- Columnas  $(0.40 - 0.70) I_g$

## 2.5.4 Eurocódigo

En Europa donde rige el Eurocódigo 8 (proyecto de estructuras sismorresistentes) en la sección 2.2.1, se recomienda que para casos donde no se hace un análisis preciso se pueden tomar todos los elementos como  $0.5 I_g$ . (UNE-EN-1998-1, 2011, cap. 2)

## 2.5.5 DDBD (Displacement- Based Seismic Design of Structures)

El método de diseño propuesto por el libro: “Displacement-Based Seismic Design of Structures” (DDBD) escrito por Priestly, Calvi y Kowalsky; caracteriza la estructura con base en un grado de libertad en cuanto a los desplazamientos que se generan en esta a diferencia de las condiciones elásticas consideradas en el método de fuerzas. Se dice que un factor que afecta al método de diseño por fuerzas es que al asumir inicialmente las dimensiones de las secciones se establece una distribución de fuerzas con base en la rigidez de estos, donde si se presenta alguna modificación en algún elemento se debe recalcular todo el modelo. (2007, cap. 3)

Los autores del libro realizan un análisis en columnas para demostrar como las fuerzas que actúan sobre un elemento no generan una rigidez proporcional a la fuerza sino que tiene variación según la densidad de acero en la estructura, el área de la sección, la resistencia del concreto y la carga axial que esté presente, de manera que se generan curvas con las cuales se puede determinar la relación de inercia de la sección con la inercia agrietada que básicamente es la reducción propuesta en los códigos. En el método se considera un diseño base para una columna con el cual se generan gráficos adimensionales que pueden ser aplicados en otras columnas y resistencias de concreto con muy poco error. (Priestly, Calvi y Kowalsky, 2007, cap.4) Con dicho gráfico (ver figura 4) se puede determinar la reducción real teórica de inercia que se debe aplicar en el diseño:

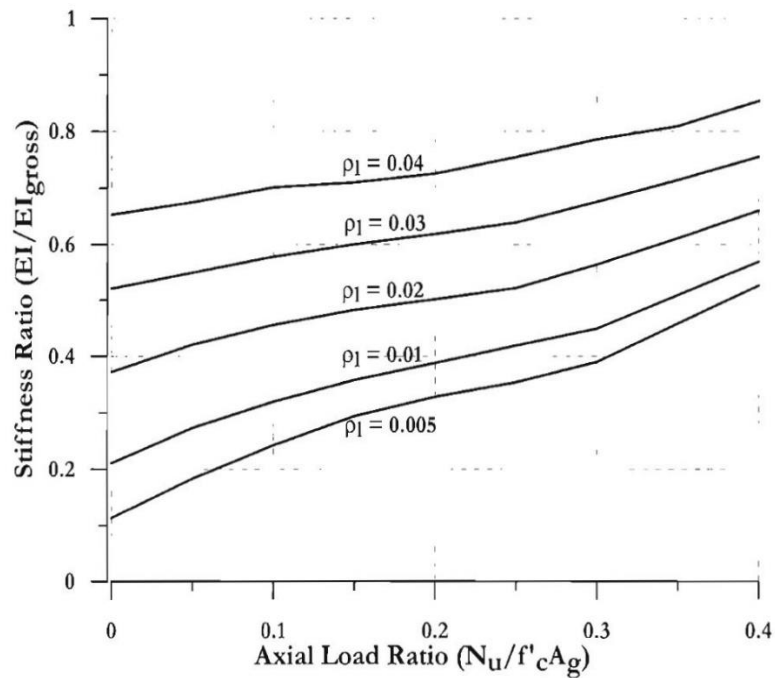


Figura 4: Razón de rigidez efectiva para columnas propuesto en el DDBD

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

### 2.5.6 Otras bibliografías

En otras bibliografías se proponen otros factores efectivos para la reducción de inercia a considerar, como es el caso del libro: “Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings” donde se establece un rango y un valor recomendado de inercia para los diferentes elementos estructurales de un edificio. (Paulay y Priestley, 1992, cap. 4)

Tabla 1:

Momento de Inercia Efectivo para Cada sección

Elemento	Rango	Valor Recomendado
Vigas Rectangulares	0.30-0.50I <sub>g</sub>	0.40I <sub>g</sub>
Vigas T y L	0.25-0.45I <sub>g</sub>	0.35I <sub>g</sub>
Columnas, P > 0.5f' <sub>c</sub> A <sub>g</sub>	0.70-0.90I <sub>g</sub>	0.80I <sub>g</sub>
Columnas, P = 0.2f' <sub>c</sub> A <sub>g</sub>	0.50-0.70I <sub>g</sub>	0.60I <sub>g</sub>
Columnas, P = -0.05f' <sub>c</sub> A <sub>g</sub>	0.30-0.50I <sub>g</sub>	0.40I <sub>g</sub>

Fuente: (Paulay & Priestley, 1992)

## 2.6 Definición y operacionalización de variables

Existen muchos tipos de variables, pero las más relevantes para la gran mayoría de investigaciones y en especial en esta investigación, son las dependientes e independientes. Para Shuttleworth “la variable independiente es como el centro del experimento, es aislada y manipulada por el investigador; mientras que la variable dependiente es el resultado medible de dicha manipulación, son el resultado del diseño experimental.” (2008, párr. 6)

En los modelos analizados las variables que fueron consideradas como variables independientes son:

- La cantidad de niveles, para este trabajo de investigación se utilizaron edificios de 4, 8 y 12 niveles.
- Se utilizaron pares de inercia, en las zonas de rótula plástica para vigas y para toda la longitud en columnas partiendo de valores de 0.1 hasta 1.00.
- Parámetros de diseño de los modelos (características de los materiales, secciones transversales de los elementos estructurales, cargas gravitacionales y laterales, etc.)
- Tipo de suelo y zona sísmica

Como variables dependientes en este trabajo de investigación se consideraron:

- Los desplazamientos inelásticos para cada uno de los niveles según las variaciones de inercia en los elementos estructurales.
- El cortante basal para cada uno de los niveles según las variaciones de inercia en los elementos estructurales.
- El periodo de oscilación (T) para cada una de las estructuras modeladas en SAP.

## Capítulo III

### 3. Análisis de resultados

#### 3.1 Descripción de la estructura de análisis

Se procedió a modelar 3 edificios de concreto reforzados con un sistema estructural tipo marco, de 4, 8 y 12 niveles con la misma huella de 42 m x 43 m, considerando la rigidez agrietada en sus diferentes elementos estructurales (vigas y columnas) incrementando el factor de reducción de agrietamiento en una proporción de 0.1 en la zona de rótulas plásticas en vigas y en toda la sección de la columna, con objeto de evaluar los periodos de oscilación, los desplazamientos ocasionados por las cargas laterales y el cortante basal.

Para todos los modelos, el sistema de entrepiso es una losa extruida de 20 cm de peralte con una sobre losa de 6 cm de espesor y para la azotea se utilizó losa extruida de 20 cm de peralte con una sobre losa de 12 cm. El uso de la edificación es habitacional, se encuentra ubicado en la zona sísmica III, se considera una ductilidad local irregular moderada y una ductilidad local óptima para la estructura.

#### 3.2 Modelos matemáticos

Para los edificios en estudio se realizaron modelos matemáticos con apoyo del programa SAP2000 en su versión estudiantil, para los elementos viga y columna fueron diseñados tipo frame y los entrepisos tipo Shell. Para efectos de simplificación se creó un modelo en dos dimensiones equivalente a la estructura completa, ver figura 5.

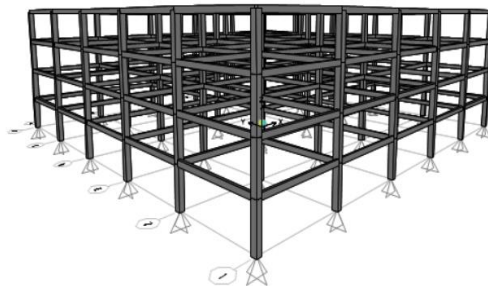


Figura 5: Ejemplo de los modelos de estudio

Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente se realizan varias iteraciones con los modelos primarios para obtener los valores de periodo de oscilación y desplazamiento para cada uno de los modelos, posteriormente se comparan tanto para el método estático como con el dinámico para demostrar que no existan inconsistencias en los modelos estructurales. Para los modelos secundarios se utilizarán datos extraídos a partir del análisis dinámico de la estructura.

Para cada uno de los modelos se realiza una comprobación con respecto a lo propuesto (dimensiones de la sección transversal de vigas y columnas), para que los valores que se obtengan sean realmente representativos y se continúe bajo la línea de lo constructivo. A partir de esta información se calcula una densidad de acero ( $\rho$ ) que permite obtener una razón de rigidez teórico real de la reducción de inercia que se debe considerar en la estructura.

Se realiza una evaluación inicial de los modelos considerando la zona de rótula plástica protegida como variable y el resto de la viga con un factor de inercia agrietada de 0.5 según se observa en la figura 6 que se muestra a continuación. Se obtendrán valores de periodos, derivas y cortante basal para cada uno de los modelos con sus modificaciones correspondientes.

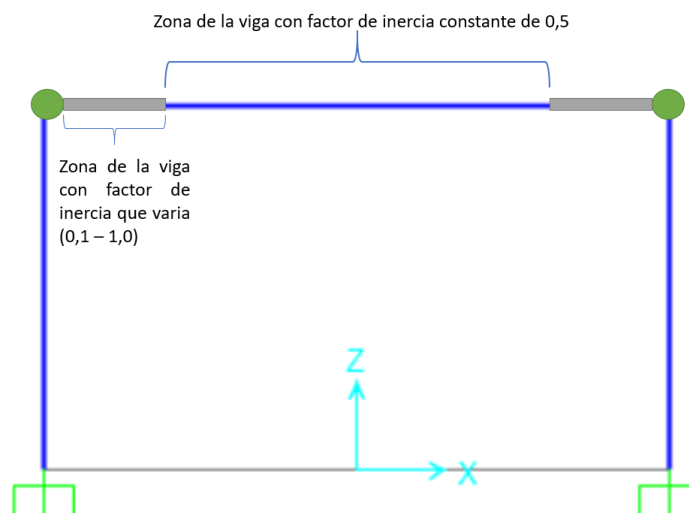


Figura 6: Consideraciones generales para la evaluación inicial de los modelos

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realiza una modificación en el tramo central de la viga donde se toma en consideración un valor de inercia constante de 1.0 (ver figura 7) y se vuelven a obtener valores que definen el comportamiento del modelo, pero esta vez solo



considerando porcentajes de derivas. Dichos valores de deriva se comparan con los obtenidos en los modelos con el tramo central de la viga evaluado con una inercia agrietada de 0.5.

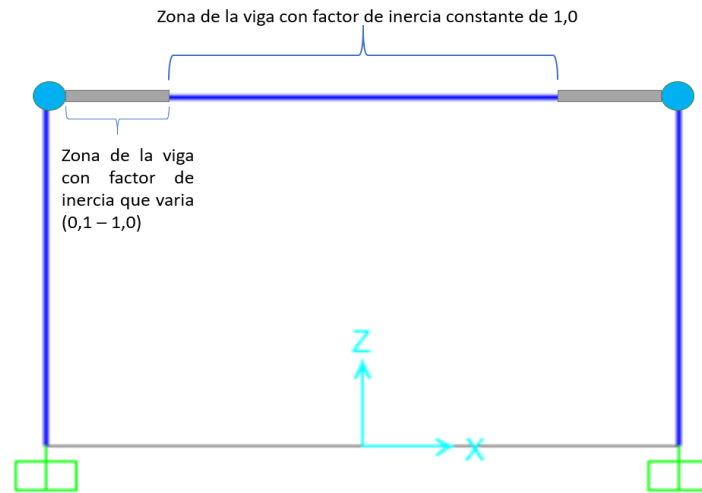


Figura 7: Consideraciones generales para la segunda evaluación de los modelos

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Edificio de 4 niveles con zona de rótula plástica protegida

El edificio de 4 niveles tiene una altura total de 14 metros y una longitud del eje en estudio de 43 metros, las características por tramos de altura y longitud de los vanos, así como la dimensión de la zona de rótula plástica se muestran a continuación:

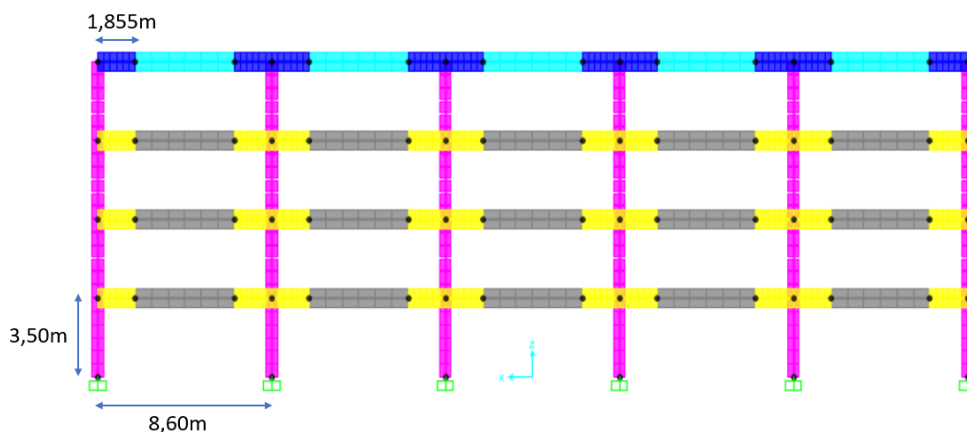


Figura 8: Dimensiones de longitud y altura para el edificio de 4 niveles, en el eje de estudio A.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2:

Esquema de colores utilizado para la representación del modelo de 4 niveles.

Color	Descripción
	Columnas 50 x 50 cm
	Vigas 30 x 85 cm
	Vigas 25 x 85 cm
	Zona de rótula plástica (2d)
	Zona de rótula plástica (2d)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.1 Columnas

Tabla 3:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexocompresión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	350 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal	50 x 50 cm
Porcentaje de acero longitudinal	2%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0,22

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área viga)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la columna
- $F'_c$ : Resistencia Concreto; 350 kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico (ver figura 9) la razón de rigidez teórica para la columna en estudio.

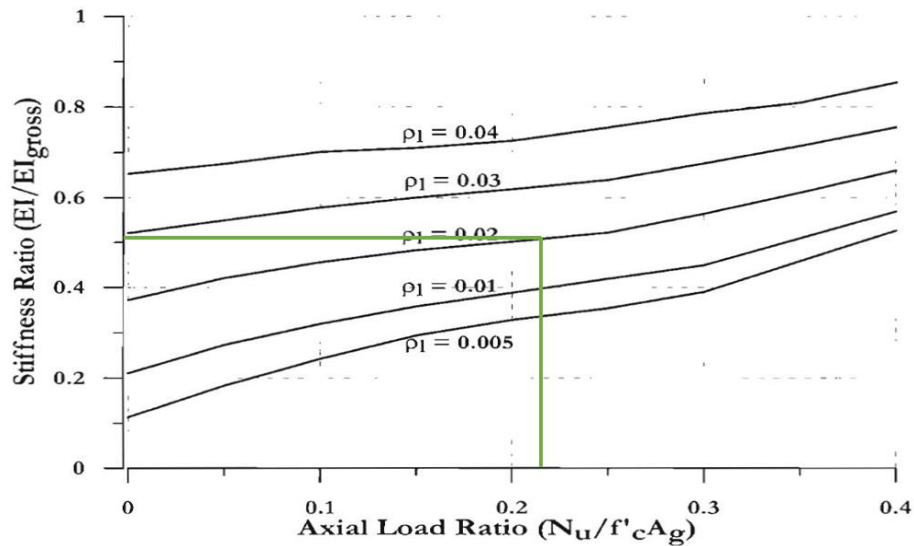


Figura 9: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas rectangulares en un edificio de 4 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,51. En la figura 10 se muestra el diagrama de interacción obtenido a partir de los valores de capacidad nominal axial y de momento de la columna en estudio según su geometría, distribución de acero y flexión. Dicho diagrama refleja cómo varía la capacidad de carga axial de la columna debido a la presencia de forma simultánea de un momento flexionante.

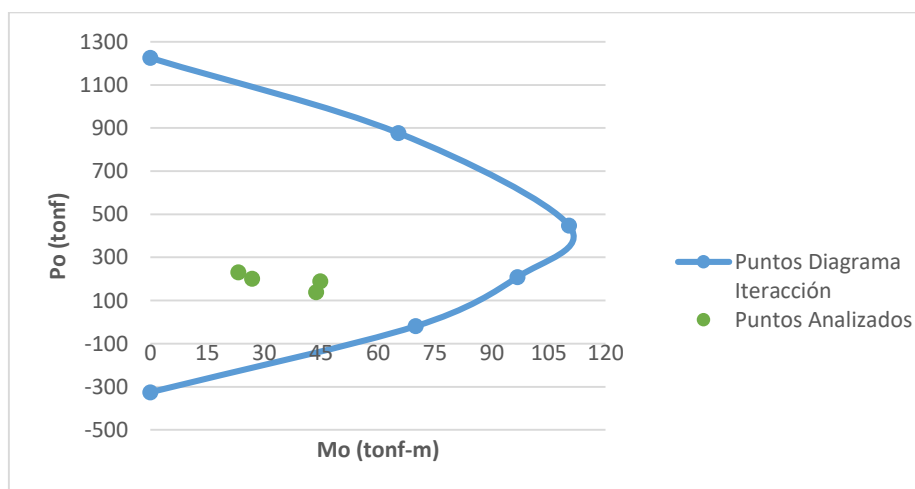


Figura 10: Diagrama de interacción de la columna de 55 cm x 55 cm

Fuente: Elaboración propia

Los puntos analizados corresponden a las combinaciones de carga dadas por el CSCR – 2010 en la sección 6.2.1, donde se determina que la columna de 55 cm x 55 cm es adecuada para resistir las fuerzas últimas  $P_u$  y  $M_u$  ya que estos puntos han quedado dentro de la curva que define la capacidad de la sección.

Tabla 4:

Puntos máximos analizados dentro del diagrama de interacción

Combinaciones CSCR	$P_u$ (ton)	$M_u$ (ton-m)
Combinación 1	201,956	26,805
Combinación 2	231,293	23,200
Combinación 3	189,104	44,751
Combinación 4	138,311	43,656

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Vigas

Tabla 5:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	280 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 1 al 3	30 x 85 cm
Sección transversal nivel 4	25 x 85 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,8%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : porcentaje de acero longitudinal ( $\text{Área acero} / \text{Área viga}$ )
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la viga
- $F'_c$ : Resistencia concreto; 280kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico (ver figura 11) la razón de rigidez teórica para la viga en estudio.

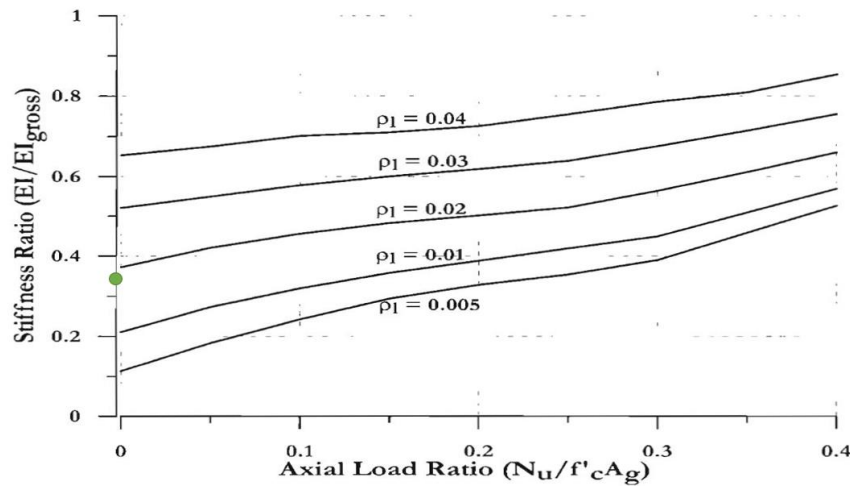


Figura 11: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas rectangulares en un edificio de 4 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,35. En la tabla 6 se muestran los valores de momento máximo utilizado para la obtención de acero requerido tanto para la parte superior como inferior de la viga.

Tabla 6:

Propuesta de acero longitudinal para el momento máximo de la viga

Acero superior	5 # 8	
Área de acero	25,5	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	5755800	kg-cm
Acero inferior	4 # 6	
Área de acero	11,36	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	2877900	kg-cm

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Comparación del método estático y el método dinámico

Se realizó una comparación entre los métodos de análisis sísmico propuestos por el Código Sísmico de Costa Rica, y se comprobó el cumplimiento del desplazamiento máximo permitido por el código para el caso de una edificación diseñada bajo el sistema sismorresistente tipo marco. El valor de deriva máxima permitida es de 2%.

En la tabla 7 y 8 se muestran los valores de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura para cada uno de sus niveles en estudio, posteriormente se muestra el porcentaje de deriva.

Tabla 7:

Porcentajes de derivas obtenidas para cada nivel por medio del método estático

<b>Análisis estático 2da iteración</b>				
Nivel	$\delta_i^e(m)$	$\Delta_{ie}$	$\Delta_i$	$\Delta_i/H_i$
0	0			
1	0,0063	0,0063	0,0378	1,08%
2	0,015	0,0087	0,0522	<b>1,49%</b>
3	0,0223	0,0073	0,0438	1,25%
4	0,0271	0,0048	0,0288	0,82%
	H=	3,5	m	
	Periodo=	0,7804	s	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:

Porcentajes de derivas obtenidas para cada nivel por medio del método dinámico

<b>Análisis dinámico</b>			
$\delta_i^e(m)$	$\Delta_{ie}$	$\Delta_i$	$\Delta_i/H_i$
0			
0,0053	0,0053	0,0318	0,91%
0,0126	0,0073	0,0438	<b>1,25%</b>
0,0185	0,0059	0,0354	1,01%
0,0224	0,0039	0,0234	0,67%
H=	3,5	m	
Periodo=	0,777	s	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que ambos métodos cumplen con los desplazamientos máximos según lo establecido por el CSCR, existe poca variación entre los resultados obtenidos para cada uno de los métodos. El porcentaje de deriva máxima tanto para el método estático como el dinámico es de 1.49% y 1.25%, respectivamente, con una variación del 0.24%.

Para este trabajo se utilizará el método dinámico porque se obtienen datos más precisos y es menos laborioso en comparación con el método estático. A continuación, en la figura 12 y 13 se muestra una comparación gráfica entre los métodos de análisis sísmico ya mencionados en este apartado.

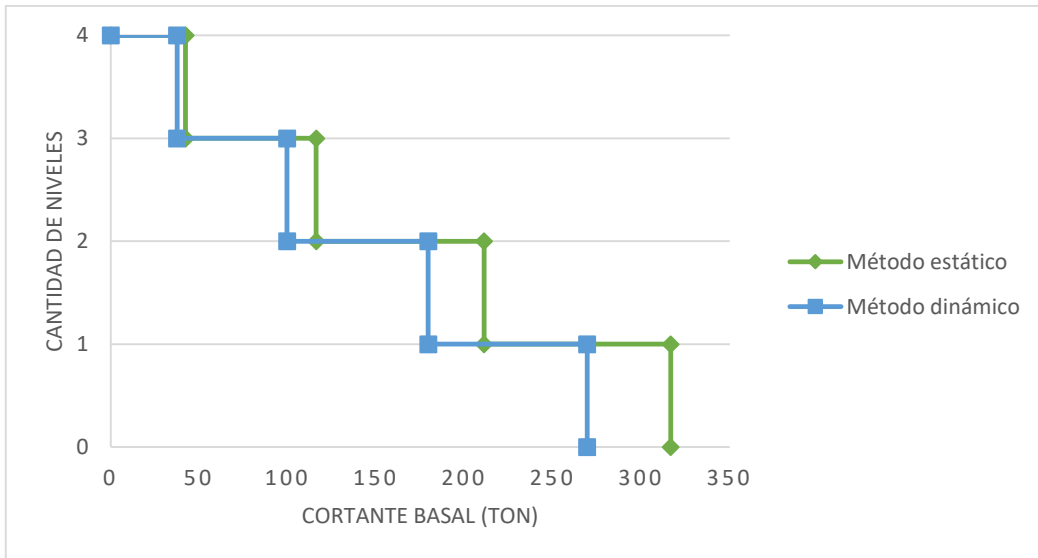


Figura 12: Variación del cortante basal para el edificio de 4 niveles, en el método estático y dinámico.

Fuente: Elaboración propia

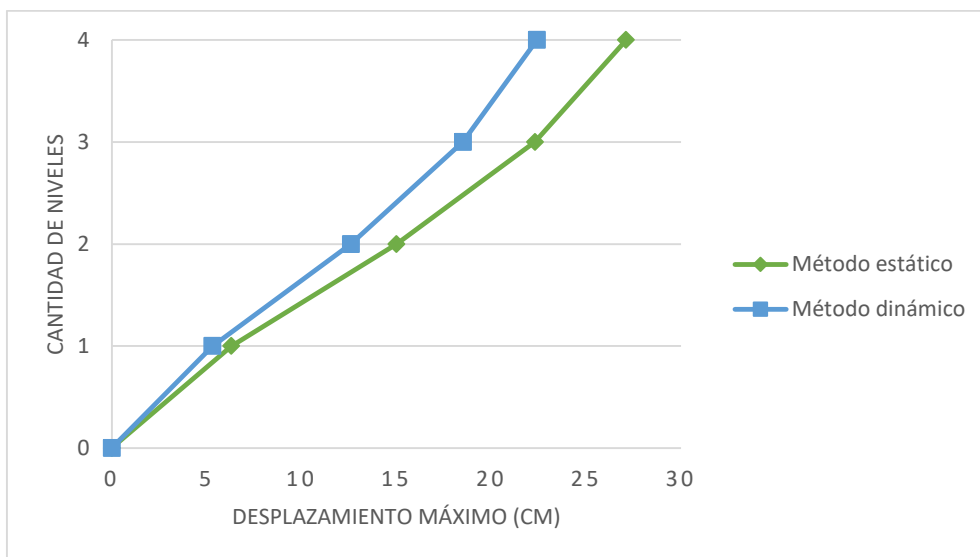


Figura 13: Desplazamientos máximos para el edificio de 4 niveles, en el método estático y dinámico.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Edificio de 8 niveles con zona de rótula plástica protegida

El edificio de 8 niveles tiene una altura total de 28 metros y una longitud del eje en estudio de 43 metros, las características por tramos de altura y longitud de los vanos, así como la dimensión de la zona de rótula plástica se muestran a continuación en la figura 14:

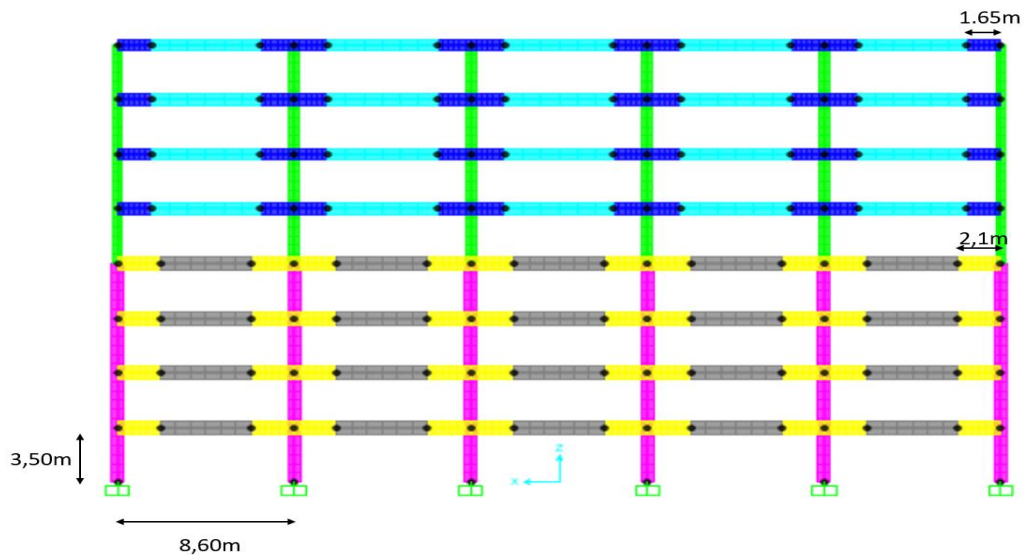


Figura 14: Dimensiones de longitud y altura para el edificio de 8 niveles, en el eje de estudio A.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9:

Esquema de colores utilizado para la representación del modelo de 8 niveles.

Color	Descripción
Magenta	Columnas 60 x 60 cm
Verde	Columnas 50 x 50 cm
Gris	Vigas 30 x 85 cm
Cian	Vigas 25 x 76 cm
Amarillo	Zona de rótula plástica (2d)
Azul	Zona de rótula plástica (2d)

Fuente: Elaboración propia.



### 3.4.1 Columnas del nivel 1 al 4

Tabla 10:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexocompresión.

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	350 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 1 al 4	60 x 60 cm
Porcentaje de acero longitudinal	2,2%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0,378

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área columna)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la columna
- $F'_c$ : Resistencia Concreto; 350 kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la columna en estudio, ver figura 15.

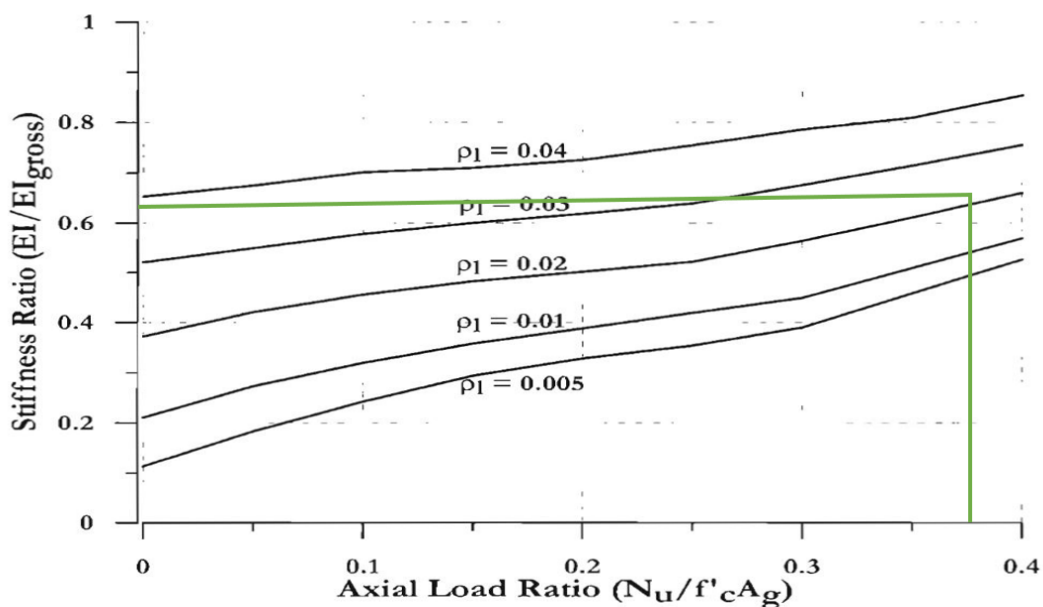


Figura 15: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 60 cm x 60 cm en un edificio de 8 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,62. En la figura 16 se muestra el diagrama de interacción obtenido a partir de los valores de capacidad nominal axial y de momento de la columna en estudio según su geometría, distribución de acero y flexión.

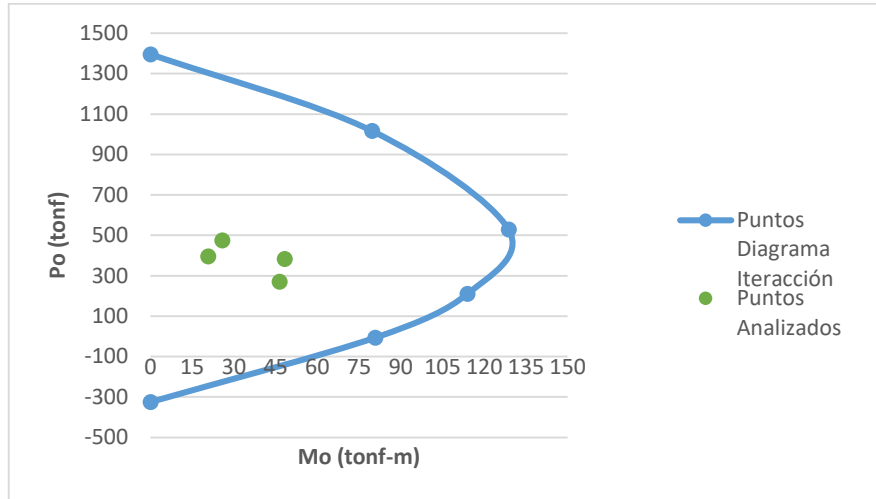


Figura 16: Diagrama de interacción de la columna de 60 cm x 60 cm

Fuente: Elaboración propia

Los puntos analizados corresponden a las combinaciones de carga dadas por el CSCR – 2010 en la sección 6.2.1, donde se determina que la columna de 60 cm x 60 cm es adecuada para resistir las fuerzas últimas  $P_u$  y  $M_u$  porque estos puntos han quedado dentro de la curva que define la capacidad de la sección.

Tabla 11:

Puntos máximos analizados dentro del diagrama de interacción

Combinaciones CSCR	$P_u$ (ton)	$M_u$ (ton-m)
Combinación 1	396,708	20,766
Combinación 2	475,701	25,823
Combinación 3	383,882	48,252
Combinación 4	271,161	46,446

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Columnas del nivel 5 al 8

Tabla 12:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexiocompresión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	350 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 5 al 8	50 x 50 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,8%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0,22

Fuente: Elaboración propia

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la columna en estudio, ver figura 17.

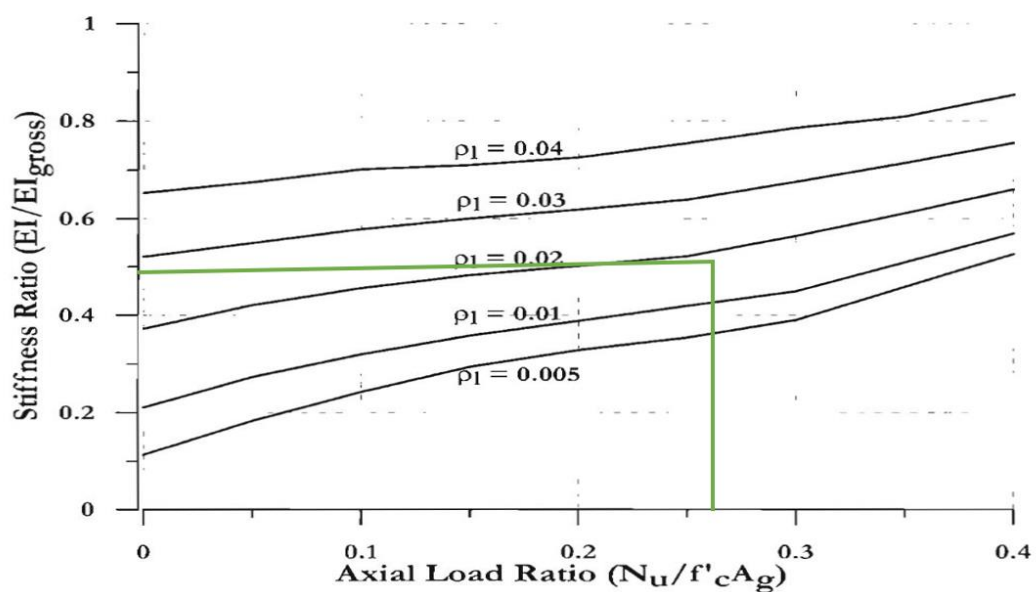


Figura 17: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 50 cm x 50 cm en un edificio de 8 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,49. En la figura 18 se muestra el diagrama de interacción obtenido a partir de los valores de capacidad nominal axial y de momento de la columna en estudio según su geometría, distribución de acero y flexión.

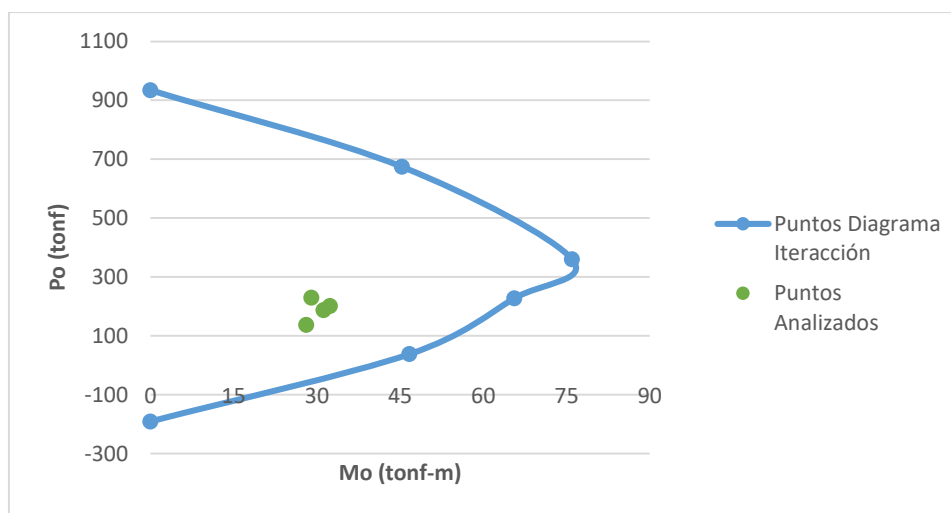


Figura 18: Diagrama de interacción de la columna de 50 cm x 50 cm

Fuente: Elaboración propia

Los puntos analizados corresponden a las combinaciones de carga dadas por el CSCR – 2010 en la sección 6.2.1, donde se determina que la columna de 50 cm x 50 cm es adecuada para resistir las fuerzas últimas  $P_u$  y  $M_u$  ya que estos puntos han quedado dentro de la curva que define la capacidad de la sección.

Tabla 13:

Puntos máximos analizados dentro del diagrama de interacción

Combinaciones CSCR	$P_u$ (ton)	$M_u$ (ton-m)
Combinación 1	200,900	32,361
Combinación 2	229,928	29,036
Combinación 3	187,297	31,224
Combinación 4	136,868	28,101

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3 Vigas del nivel 1 al 4

Tabla 14:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	280 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 1 al 4	30 x 85 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,9%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área viga)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la viga
- $F'_c$ : Resistencia concreto; 280kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la viga en estudio.(ver figura 19)

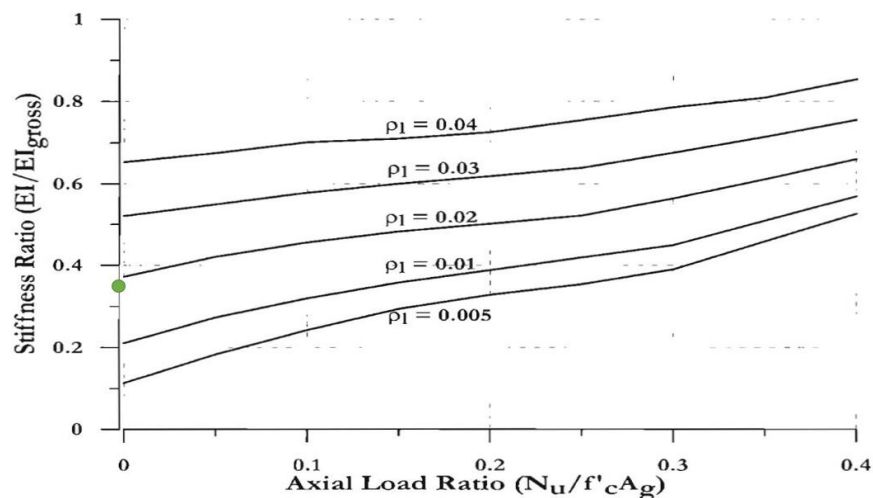


Figura 19: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 86 cm en un edificio de 8 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,35. En la tabla 15 se muestran los valores de momento máximo utilizado para la obtención de acero requerido tanto para la parte superior como inferior de la viga.

Tabla 15:

Propuesta de acero longitudinal para el momento máximo de la viga

Acero superior	5 # 8	
Área de acero	25,5	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	6540800	kg-cm
Acero inferior	4 # 6	
Área de acero	11,36	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	3270400	kg-cm

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4 Vigas del nivel 5 al 8

Tabla 16:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	280 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 5 al 8	25 x 76 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,6%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área viga)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la viga
- $F'_c$ : Resistencia concreto; 280kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la viga en estudio.(ver figura 20)

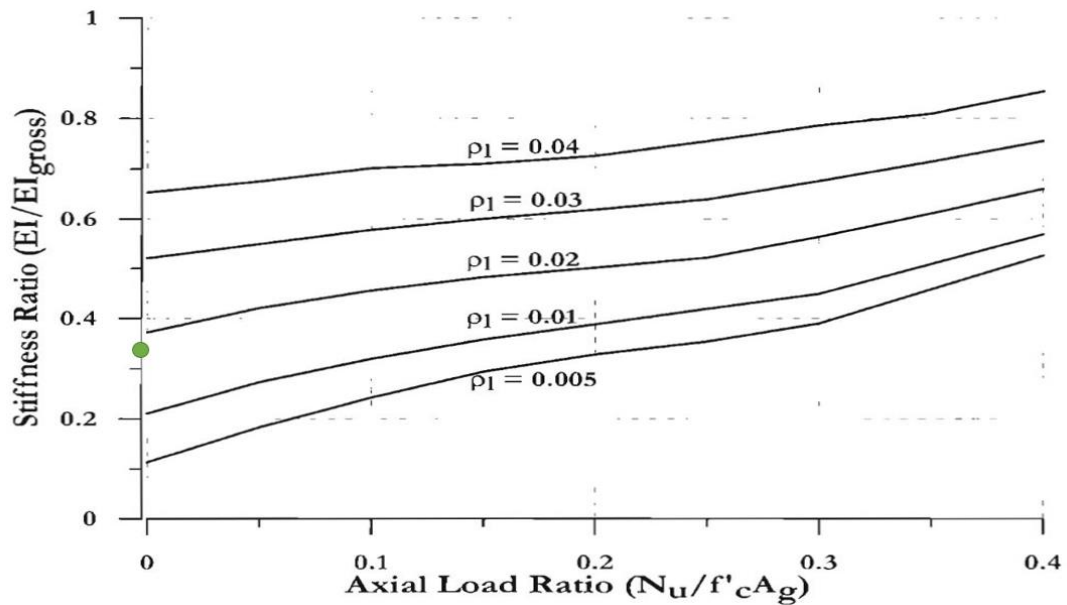


Figura 20: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 86 cm en un edificio de 8 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,35. En la tabla 17 se muestran los valores de momento máximo utilizado para la obtención de acero requerido tanto para la parte superior como inferior de la viga.

Tabla 17:

Propuesta de acero longitudinal para el momento máximo de la viga

Acero superior	4 # 8	
Área de acero	20,4	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	5432100	kg-cm
Acero inferior	4 # 6	
Área de acero	11,36	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	2716050	kg-cm

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5 Comparación del método estático y el método dinámico.

Se realizó una comparación entre los métodos de análisis sísmico propuestos por el Código Sísmico de Costa Rica y se comprobó el cumplimiento del desplazamiento máximo permitido por el código para el caso de una edificación diseñada bajo el sistema sismorresistente tipo marco. El valor de deriva máxima permitido es de 2%.

En la tabla 18 y 19 se muestran los valores de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura para cada uno de sus niveles en estudio, posteriormente se muestra el porcentaje de deriva.

Tabla 18:

Porcentajes de derivas obtenidas para cada nivel por medio del método estático

<b>Análisis estático 2da iteración</b>				
Nivel	$\delta_i^e$ (m)	$\Delta_{ie}$	$\Delta_i$	$\Delta_i/H_i$
0	0			
1	0,0054	0,0054	0,0324	0,93%
2	0,0146	0,0092	0,0552	1,58%
3	0,0241	0,0095	0,057	1,63%
4	0,0333	0,0092	0,0552	1,58%
5	0,0444	0,0111	0,0666	<b>1,90%</b>
6	0,055	0,0106	0,0636	1,82%
7	0,063	0,008	0,048	1,37%
8	0,0678	0,0048	0,0288	0,82%
	H=	3,5	m	
	Periodo=	1,695	s	
	$\Delta T$	0,121	s	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 19:

Porcentajes de derivas obtenidas para cada nivel por medio del método dinámico

<b>Análisis dinámico</b>			
$\delta_i^e$ (m)	$\Delta i_e$	$\Delta i$	$\Delta i/H_i$
0			
0,0045	0,0045	0,027	0,77%
0,0121	0,0076	0,0456	1,30%
0,0196	0,0075	0,045	1,29%
0,0265	0,0069	0,0414	1,18%
0,0345	0,008	0,048	1,37%
0,0424	0,0079	0,0474	<b>1,35%</b>
0,0485	0,0061	0,0366	1,05%
0,0524	0,0039	0,0234	0,67%
H=	3,5	m	
Periodo=	1,573	s	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que ambos métodos cumplen con los desplazamientos máximos según lo establecido por el CSCR, existe poca variación entre los resultados obtenidos para cada uno de los métodos. El porcentaje de deriva máxima tanto para el método estático como el dinámico es de 1.90 % y 1.35 %, respectivamente, con una variación del 0.55 %.

Para este trabajo se utilizará el método dinámico porque se obtienen datos más precisos y es menos laboriosos en comparación con el método estático. A continuación, en la figura 21 y 22 se muestra una comparación gráfica entre los métodos de análisis sísmico ya mencionados en este apartado.

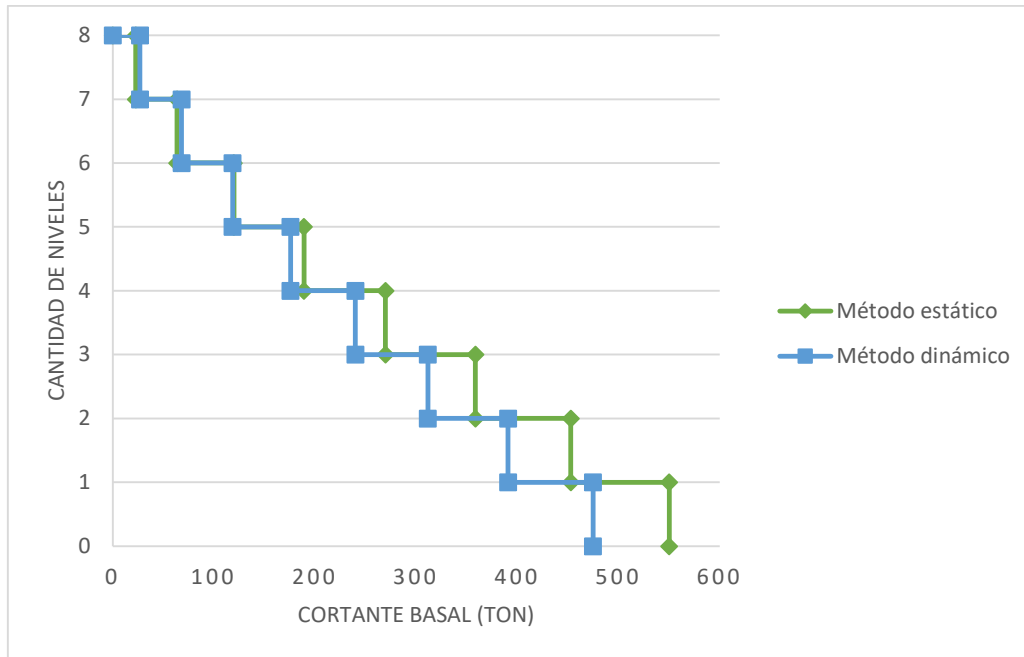


Figura 21: Variación del cortante basal para el edificio de 8 niveles, en el método estático y dinámico.

Fuente: Elaboración propia

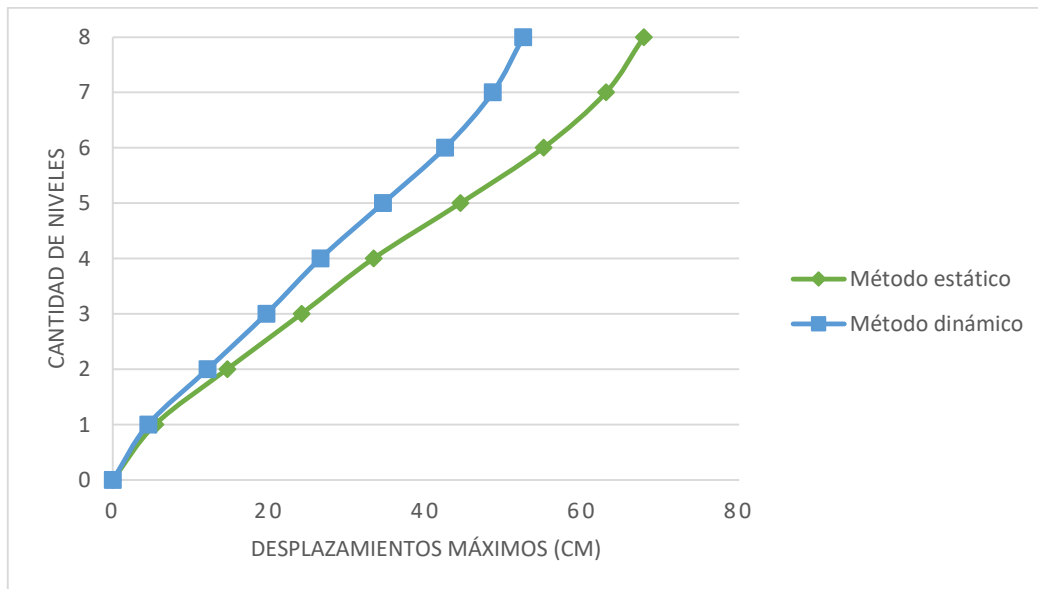


Figura 22: Desplazamientos máximos para el edificio de 8 niveles, en el método estático y dinámico.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Edificio de 12 niveles con zona de rótula plástica protegida

El edificio de 12 niveles tiene una altura total de 42 metros y una longitud del eje en estudio de 43 metros, las características por tramos de altura y longitud de los vanos, así como la dimensión de la zona de rótula plástica se muestran a continuación en la figura 23:

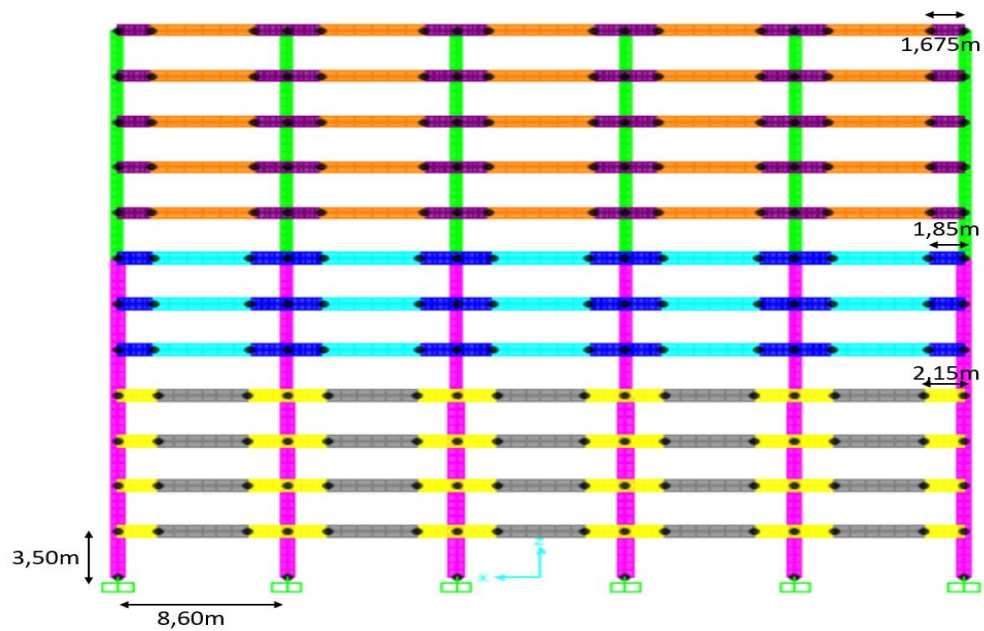


Figura 23: Dimensiones de longitud y altura para el edificio de 12 niveles, en el eje de estudio A.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20:

Esquema de colores utilizado para la representación del modelo de 12 niveles.

Color	Descripción
Magenta	Columnas 70 x 70 cm
Verde	Columnas 60 x 60 cm
Gris	Vigas 30 x 91 cm
Cian	Vigas 30 x 83,5 cm
Naranja	Vigas 25 x 76 cm
Amarelo	Zona de rótula plástica (2d)
Azul	Zona de rótula plástica (2d)
Púrpura	Zona de rótula plástica (2d)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.1 Columnas del nivel 1 al 4

Tabla 21:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexocompresión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	350 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 1 al 4	70 x 70 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,50%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0,42

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área columna)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la columna
- $F'_c$ : Resistencia Concreto; 350 kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la columna en estudio, ver figura 24.

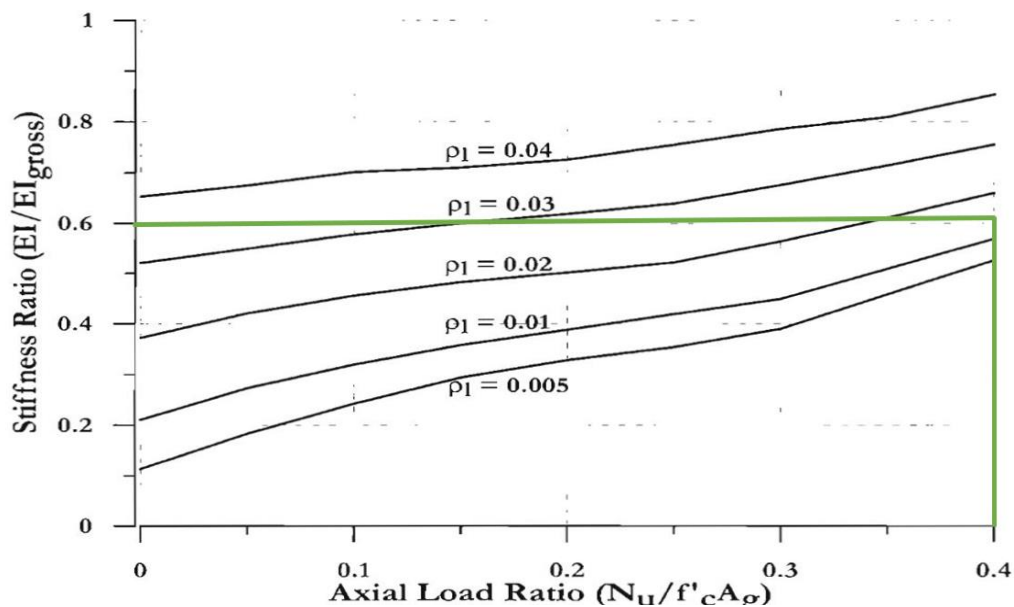


Figura 24: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 70 cm x 70 cm en un edificio de 12 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo.

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,60. En la figura 25, se muestra el diagrama de interacción obtenido a partir de los valores de capacidad nominal axial y de momento de la columna en estudio según su geometría, distribución de acero y flexión.

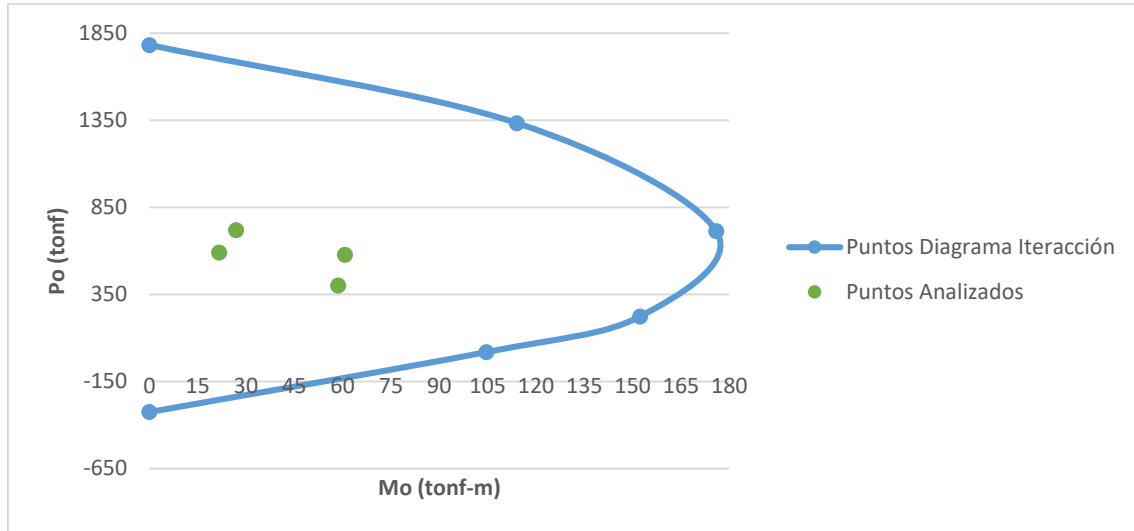


Figura 25: Diagrama de interacción de la columna de 70 cm x 70 cm

Fuente: Elaboración propia

Los puntos analizados corresponden a las combinaciones de carga dadas por el CSCR – 2010 en la sección 6.2.1, donde se determina que la columna de 70 cm x 70 cm es adecuada para resistir las fuerzas últimas  $P_u$  y  $M_u$  ya que estos puntos han quedado dentro de la curva que define la capacidad de la sección.

Tabla 22:

Puntos máximos analizados dentro del diagrama de interacción

Combinaciones CSCR	$P_u$ (ton)	$M_u$ (ton-m)
Combinación 1	591,428	21,618
Combinación 2	720,456	26,949
Combinación 3	577,375	60,699
Combinación 4	402,520	58,636

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2 Columnas del nivel 5 al 7

Tabla 23:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexocompresión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	350 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 5 al 7	60 x 60 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,60%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0,38

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área columna)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la columna
- $F'_c$ : Resistencia Concreto; 350 kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la columna en estudio, ver figura 26.

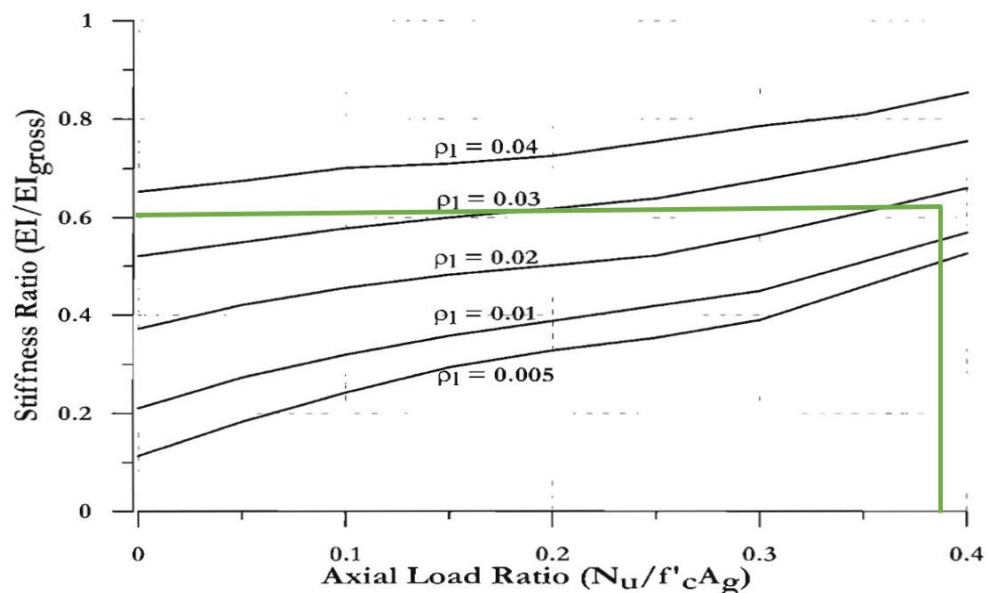


Figura 26: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 60 cm x 60 cm en un edificio de 12 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo.

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,60. En la figura 27 se muestra el diagrama de interacción obtenido a partir de los valores de capacidad nominal axial y de momento de la columna en estudio según su geometría, distribución de acero y flexión.

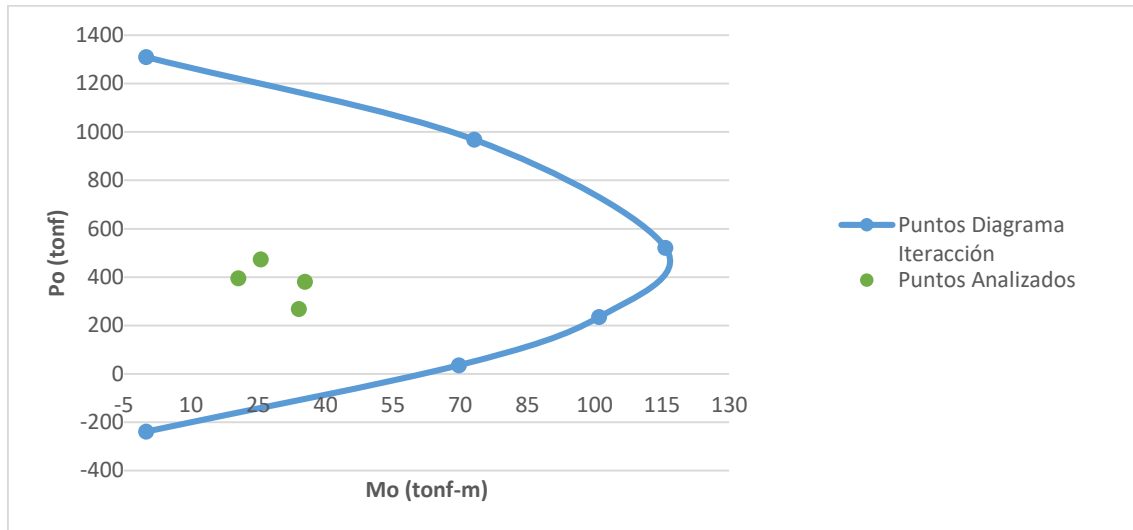


Figura 27: Diagrama de interacción de la columna de 60 cm x 60 cm

Fuente: Elaboración propia

Los puntos analizados corresponden a las combinaciones de carga dadas por el CSCR – 2010 en la sección 6.2.1, donde se determina que la columna de 60 cm x 60 cm es adecuada para resistir las fuerzas últimas  $P_u$  y  $M_u$  ya que estos puntos han quedado dentro de la curva que define la capacidad de la sección.

Tabla 24:

Puntos máximos analizados dentro del diagrama de interacción

Combinaciones CSCR	$P_u$ (ton)	$M_u$ (ton-m)
Combinación 1	395,861	20,537
Combinación 2	474,217	25,553
Combinación 3	381,251	35,375
Combinación 4	268,657	34,028

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3 Columnas del nivel 8 al 12

Tabla 25:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexocompresión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	350 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 8 al 12	55 x 55 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,30%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0,27

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho_l$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área columna)
- $P_{max}$ : Carga axial máxima en la sección transversal de la columna
- $F'_c$ : Resistencia Concreto; 350 kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la columna en estudio, ver figura 28.

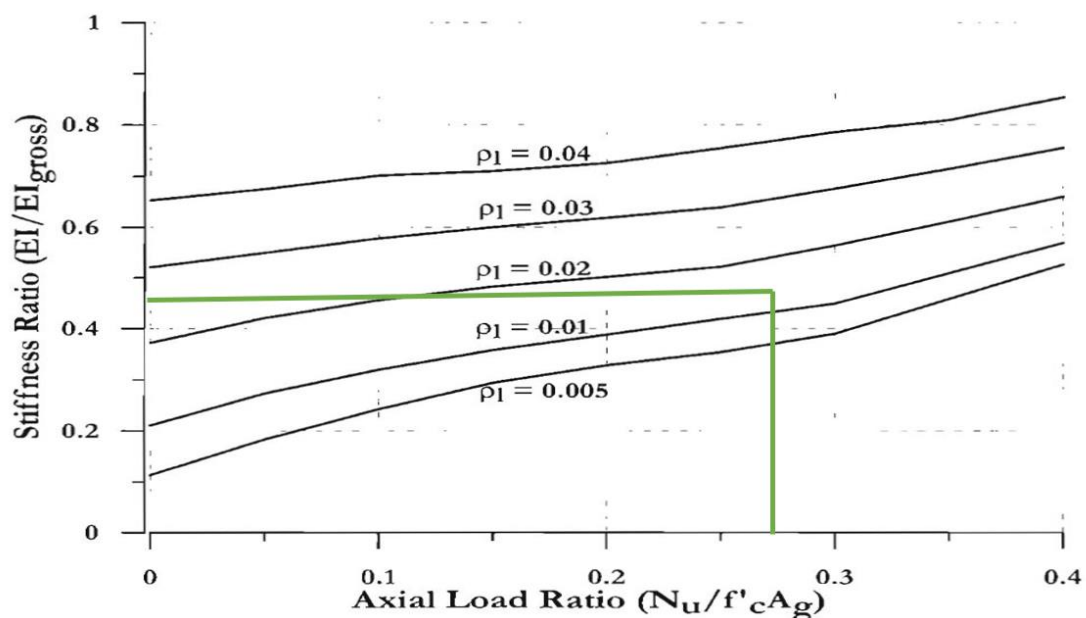


Figura 28: Razón de rigidez de inercia teórica para columnas de 55 cm x 55 cm en un edificio de 12 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo.



Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,47. En la figura 29 se muestra el diagrama de interacción obtenido a partir de los valores de capacidad nominal axial y de momento de la columna en estudio según su geometría, distribución de acero y flexión.

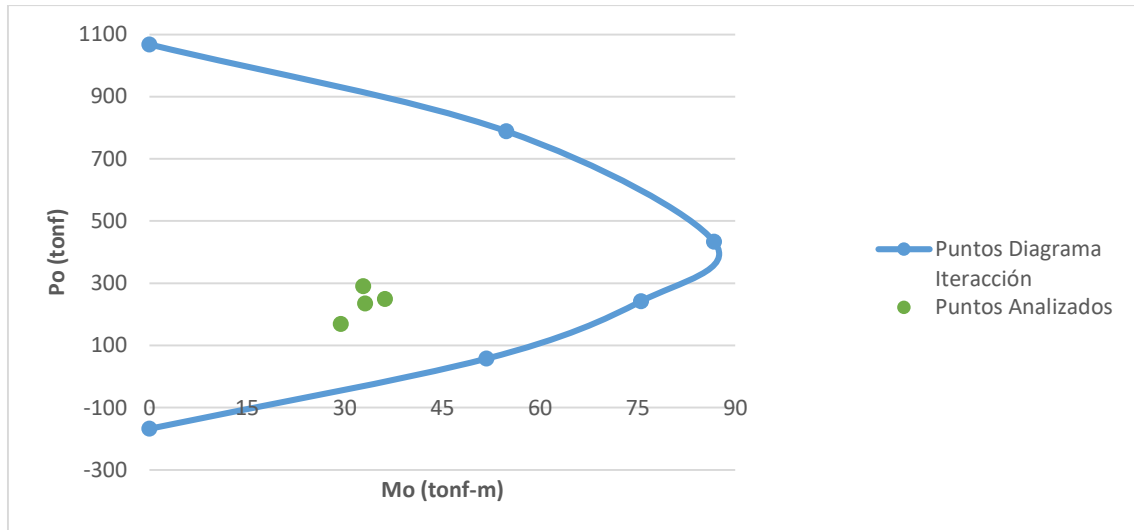


Figura 29: Diagrama de interacción de la columna de 55 cm x 55 cm

Fuente: Elaboración propia

Los puntos analizados corresponden a las combinaciones de carga dadas por el CSCR – 2010 en la sección 6.2.1, donde se determina que la columna de 55 cm x 55 cm es adecuada para resistir las fuerzas últimas  $P_u$  y  $M_u$  ya que estos puntos han quedado dentro de la curva que define la capacidad de la sección.

Tabla 26:

Puntos máximos analizados dentro del diagrama de interacción

Combinaciones CSCR	$P_u$ (ton)	$M_u$ (ton-m)
Combinación 1	249,098	36,211
Combinación 2	290,608	32,842
Combinación 3	235,066	33,125
Combinación 4	169,086	29,411

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4 Vigas del nivel 1 al 4

Tabla 27:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	280 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 1 al 4	30 x 91 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,70%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área viga)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la viga
- $F'_c$ : Resistencia concreto; 280kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la viga en estudio.(ver figura 30)

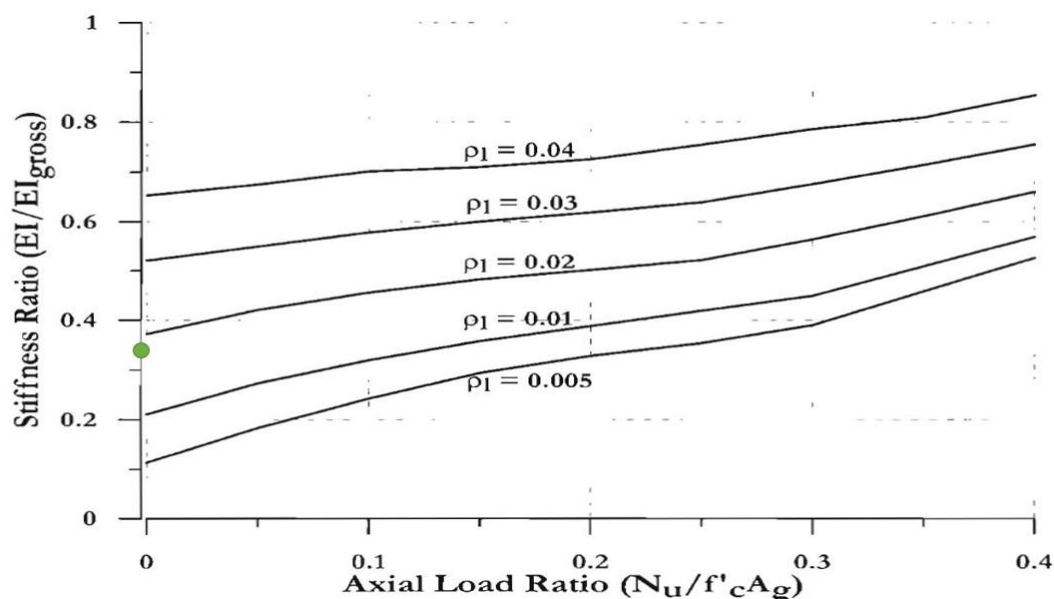


Figura 30: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 91 cm en un edificio de 12 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,33. En la tabla 28 se muestran los valores de momento máximo utilizado para la obtención de acero requerido tanto para la parte superior como inferior de la viga.

Tabla 28:

Propuesta de acero longitudinal para el momento máximo de la viga

Acero superior	5 # 8	
Área de acero	25,5	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	7208300	kg-cm
Acero inferior	5 # 6	
Área de acero	14,2	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	3604150	kg-cm

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5 Vigas del nivel 5 al 7

Tabla 29:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	280 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 5 al 7	30 x 83,5 cm
Porcentaje de acero longitudinal	1,90%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : Porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área viga)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la viga
- $F'_c$ : Resistencia concreto; 280kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la viga en estudio.(ver figura 31)

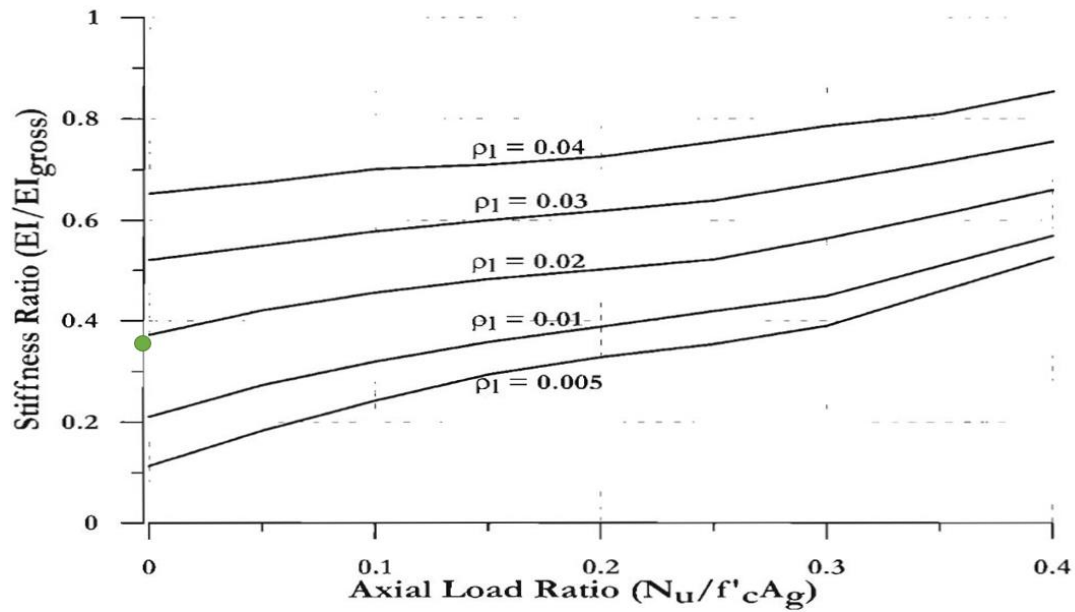


Figura 31: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 30 cm x 83,5 cm en un edificio de 12 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,35. En la tabla 30, se muestran los valores de momento máximo utilizado para la obtención de acero requerido tanto para la parte superior como inferior de la viga.

Tabla 30:

Propuesta de acero longitudinal para el momento máximo de la viga

Acero superior	5 # 8	
Área de acero	25,5	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	6649100	kg-cm
Acero inferior	5 # 6	
Área de acero	14,2	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	3324550	kg-cm

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.6 Vigas del nivel 8 al 12

Tabla 31:

Consideraciones tomadas para el diseño de los elementos en flexión

Parámetros de diseño	
Resistencia a compresión del concreto	280 kg/cm <sup>2</sup>
Sección transversal nivel 8 al 12	25 x 76 cm
Porcentaje de acero longitudinal	2,60%
$P_{max}/(f'_c \cdot A)$	0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\rho$ : porcentaje de acero longitudinal (Área acero/ Área viga)
- $P_{max}$ ; Carga axial máxima en la sección transversal de la viga
- $F'_c$ : Resistencia concreto; 280kg/cm<sup>2</sup>
- $A$ : Área de la sección

Con los parámetros anteriormente mencionados se puede obtener a partir del gráfico la razón de rigidez teórica para la viga en estudio.(ver figura 32)

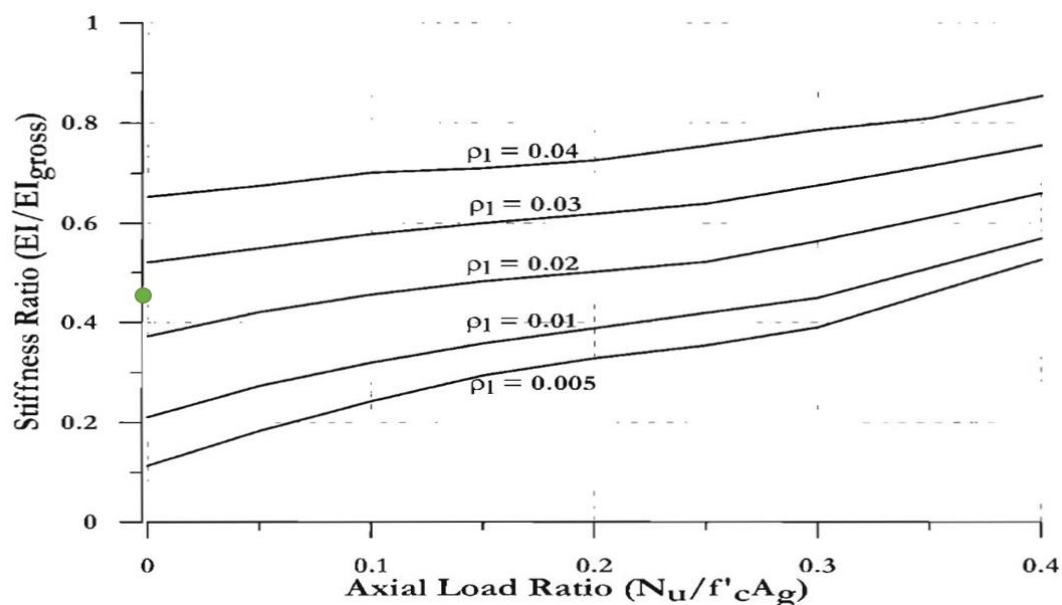


Figura 32: Razón de rigidez de inercia teórica para vigas de 25 cm x 76 cm en un edificio de 12 Niveles

Fuente: (Kowalsky, Calvi, & Priestley, 2007)

Nota: Editado para fines de este trabajo

Se puede observar que el valor de la razón de  $EI/EI_g$  teórico real es de 0,45. En la tabla 32 se muestran los valores de momento máximo utilizado para la obtención de acero requerido tanto para la parte superior como inferior de la viga.

Tabla 32:

Propuesta de acero longitudinal para el momento máximo de la viga

Acero superior	4 # 9	
Área de acero	25,8	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	5602500	kg-cm
Acero inferior	4 # 6	
Área de acero	11,36	cm <sup>2</sup>
Momento máximo	2801250	kg-cm

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7 Comparación del método estático y el método dinámico

Se realizó una comparación entre los métodos de análisis sísmico propuestos por el Código Sísmico de Costa Rica y se comprobó el cumplimiento del desplazamiento máximo permitido por el código para el caso de una edificación diseñada bajo el sistema sismorresistente tipo marco. El valor de deriva máxima es permitida es de 2%.

En la tabla 33 y 34 se muestran los valores de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura para cada uno de sus niveles en estudio, posteriormente se muestra el porcentaje de deriva.

Tabla 33:

Porcentajes de derivas obtenidas para cada nivel por medio del método estático

<b>Análisis estático 2da iteración</b>				
<b>Nivel</b>	$\delta_i^e$ (m)	$\Delta i_e$	$\Delta i$	$\Delta i/H_i$
0	0			
1	0,0041	0,0041	0,0246	0,70%
2	0,0113	0,0072	0,0432	1,23%
3	0,0192	0,0079	0,0474	1,35%
4	0,0272	0,008	0,048	1,37%
5	0,0363	0,0091	0,0546	1,56%
6	0,0456	0,0093	0,0558	1,59%
7	0,0545	0,0089	0,0534	1,53%
8	0,064	0,0095	0,057	<b>1,63%</b>
9	0,0734	0,0094	0,0564	1,61%
10	0,0811	0,0077	0,0462	1,32%
11	0,0868	0,0057	0,0342	0,98%
12	0,0903	0,0035	0,021	0,60%
	H=	3,5	m	
	Periodo=	2,179	s	
	$\Delta T$	0,009	s	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34:

Porcentajes de derivas obtenidas para cada nivel por medio del método dinámico

<b>Análisis dinámico</b>				
<b>Nivel</b>	$\delta_i^e$ (m)	$\Delta i_e$	$\Delta i$	$\Delta i/H_i$
0	0			
1	0,0035	0,0035	0,021	0,60%
2	0,0094	0,0059	0,0354	1,01%
3	0,0156	0,0062	0,0372	1,06%
4	0,0218	0,0062	0,0372	1,06%
5	0,0284	0,0066	0,0396	1,13%
6	0,0351	0,0067	0,0402	1,15%
7	0,0414	0,0063	0,0378	1,08%
8	0,0483	0,0069	0,0414	<b>1,18%</b>
9	0,0551	0,0068	0,0408	1,17%
10	0,0609	0,0058	0,0348	0,99%
11	0,0653	0,0044	0,0264	0,75%
12	0,0681	0,0028	0,0168	0,48%
	H=	3,5	m	
	Periodo=	2,170	s	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que ambos métodos cumplen con los desplazamientos máximos según lo establecido por el CSCR, existe poca variación entre los resultados obtenidos para cada uno de los métodos. El porcentaje de deriva máxima tanto para el método estático como el dinámico es de 1.63 % y 1.18 %, respectivamente, con una variación del 0.45%.

Para este trabajo se utilizará el método dinámico porque se obtienen datos más precisos y es menos laborioso en comparación con el método estático. A continuación, en la figura 33 y 34 se muestra una comparación gráfica entre los métodos de análisis sísmico ya mencionados en este apartado.

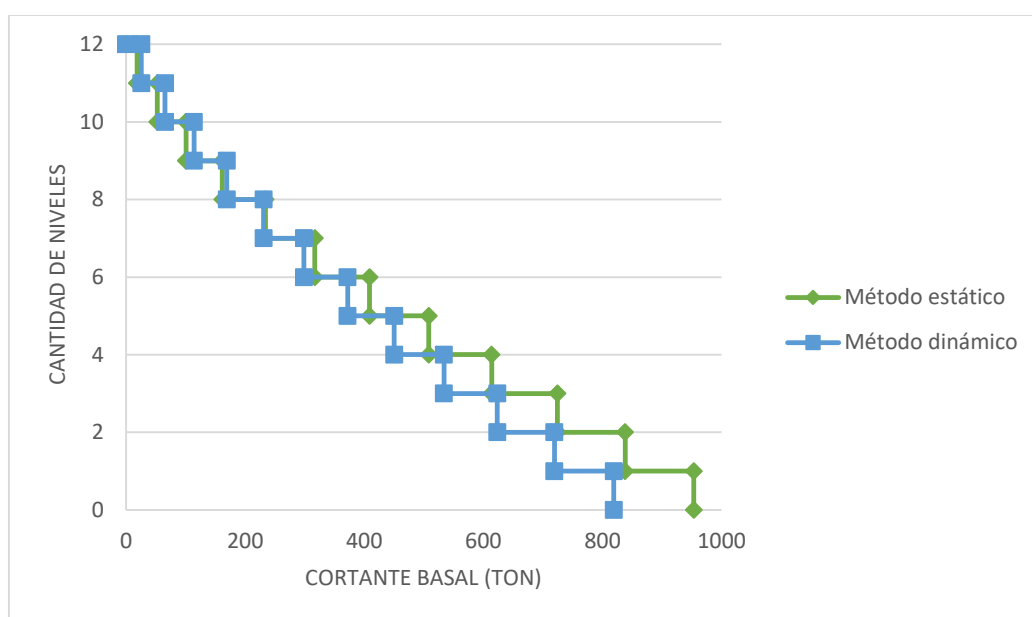


Figura 33: Variación del cortante basal para el edificio de 12 niveles, en el método estático y dinámico.

Fuente: Elaboración propia



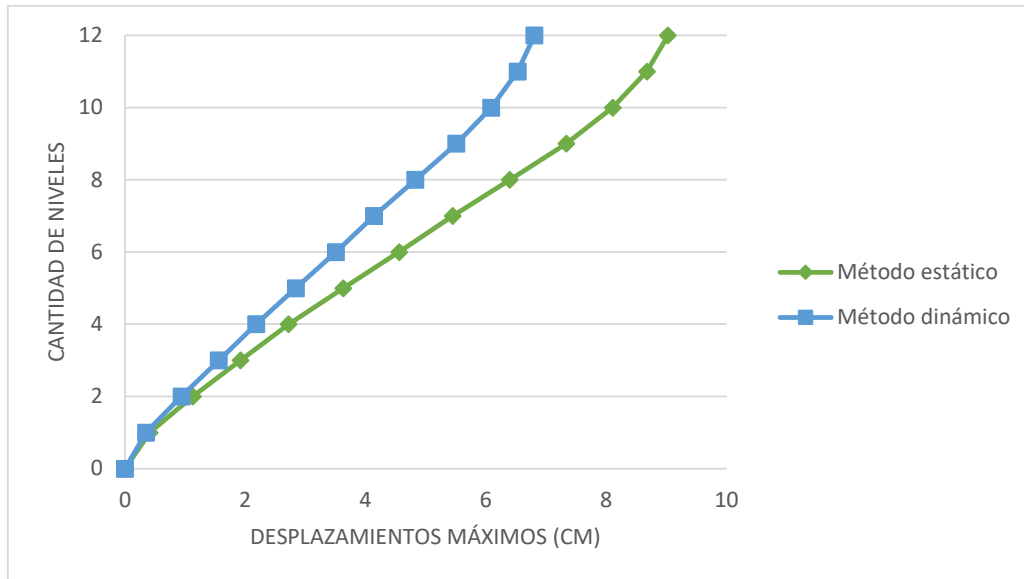


Figura 34: Desplazamientos máximos para el edificio de 12 niveles, en el método estático y dinámico.

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Resultados de los modelos

A partir de la estructura primaria, se varía el factor de reducción de inercia en la zona de rótula plástica protegida en vigas y en toda la sección de las columnas con valores que van desde 0,1 hasta 1,0; para dichas iteraciones se contempla el método dinámico. El tramo central de la viga se mantiene constante con un factor de reducción de inercia de 0.5, tal y como lo propone el Código Sísmico de Costa Rica.

### 3.6.1 Edificio de 4 niveles

Tabla 35:

Periodos en segundos del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,9	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
0,2	1,7	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
0,3	1,6	1,3	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
0,4	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
0,6	1,4	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
0,7	1,4	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
0,8	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
0,9	1,3	1,1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
1	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7

Fuente: Elaboración propia

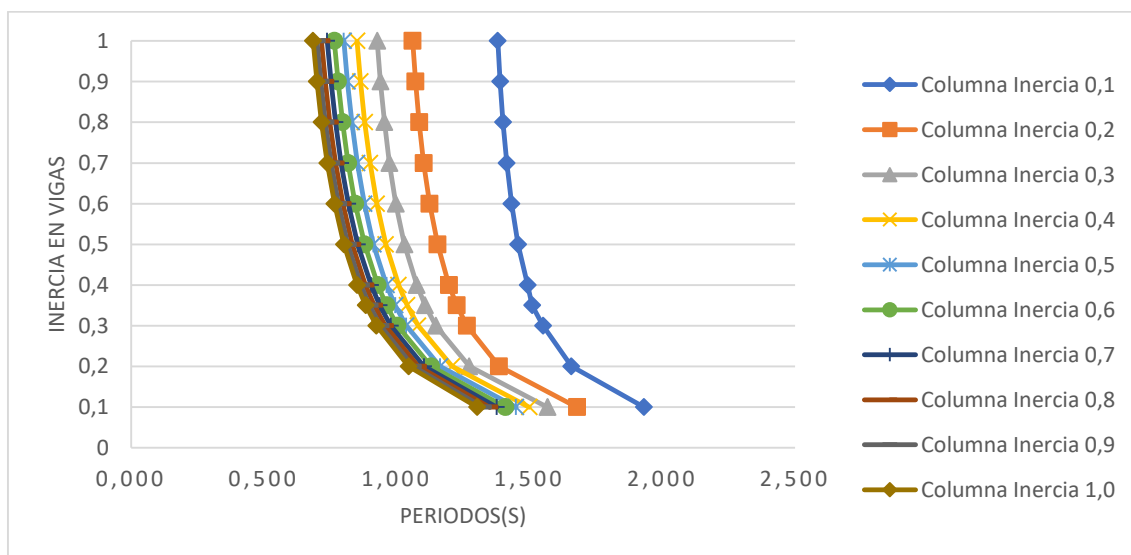


Figura 35: Periodos en segundos del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36:

Deriva Máxima del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	3,1%	2,6%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
0,2	2,7%	2,2%	2,0%	1,9%	1,8%	1,8%	1,8%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%
0,3	2,5%	2,0%	1,8%	1,7%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
0,4	2,4%	1,9%	1,7%	1,6%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%
0,5	2,3%	1,9%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%
0,6	2,2%	1,8%	1,6%	1,6%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
0,7	2,1%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%
0,8	2,0%	1,7%	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%	1,1%
0,9	2,0%	1,7%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	1,1%	1,1%
1	1,9%	1,6%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%	1,1%	1,1%

Fuente: Elaboración propia

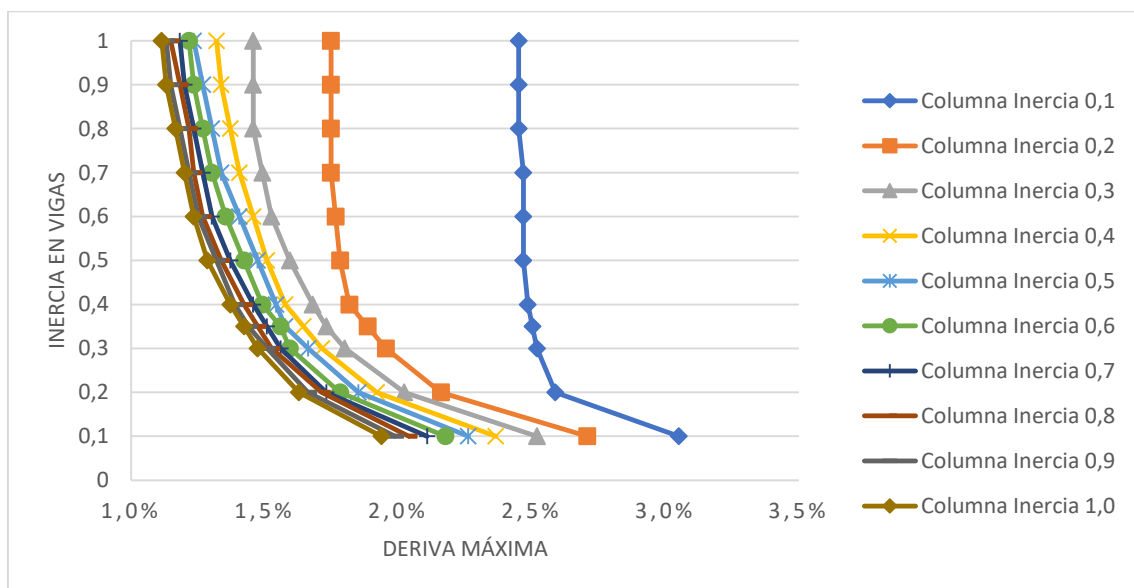


Figura 36: Deriva máxima del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37:

Cortante basal en toneladas del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	118,2	137,3	145,0	147,2	149,4	153,1	155,6	157,5	158,9	160,2	161,2
0,2	136,9	161,3	174,8	179,5	183,2	189,6	194,2	197,5	200,6	203,1	205,1
0,3	145,7	173,2	189,9	195,8	201,3	209,7	216,0	222,0	226,8	230,5	233,6
0,4	150,5	180,6	199,7	207,1	213,0	224,5	233,0	239,4	244,5	248,5	255,8
0,5	154,8	186,2	207,1	214,9	223,0	235,2	244,0	250,7	255,9	260,1	263,6
0,6	158,1	190,6	212,2	222,1	230,3	242,8	251,8	258,6	264,6	271,7	277,7
0,7	161,2	194,2	217,7	227,8	235,9	248,4	257,4	266,0	275,0	282,3	288,3
0,8	163,9	197,6	222,3	232,4	240,5	252,9	262,4	273,9	283,0	290,4	296,6
0,9	166,3	200,7	226,2	236,1	244,2	256,6	268,9	280,4	289,6	297,0	303,2
1	168,4	203,3	229,5	239,3	247,3	259,7	274,4	285,9	295,0	302,5	308,7

Fuente: Elaboración propia

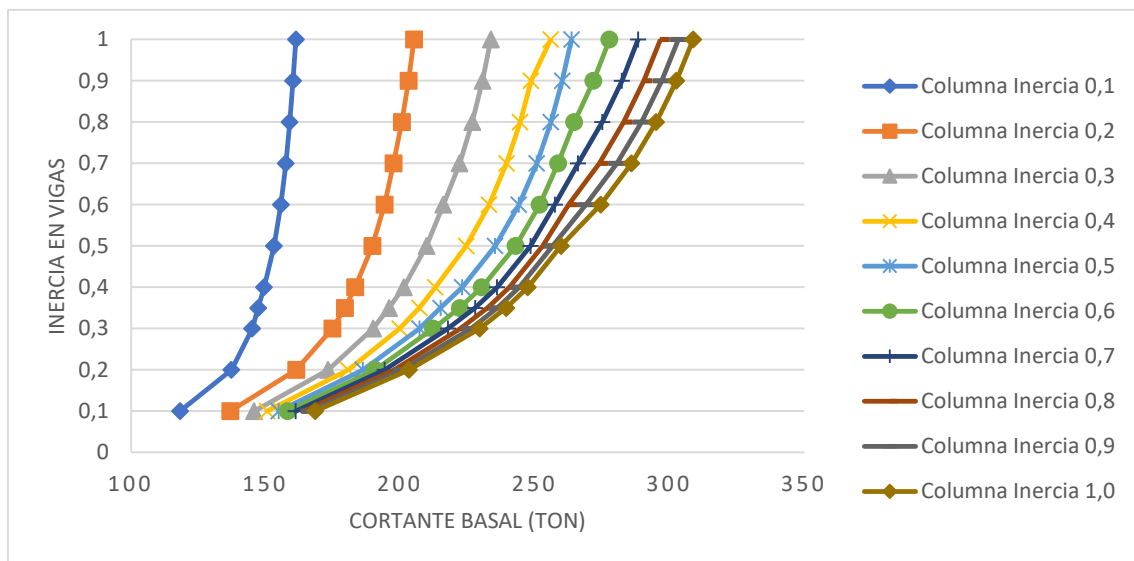


Figura 37: Cortante basal del edificio de 4 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2 Edificio de 8 niveles

Tabla 38:

Periodos en segundos del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	4,0	3,4	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
0,2	3,5	2,9	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2
0,3	3,3	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
0,4	3,2	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7
0,5	3,2	2,5	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6
0,6	3,1	2,4	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
0,7	3,0	2,4	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5
0,8	3,0	2,3	2,0	1,9	1,9	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5
0,9	3,0	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4
1	2,9	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4

Fuente: Elaboración propia

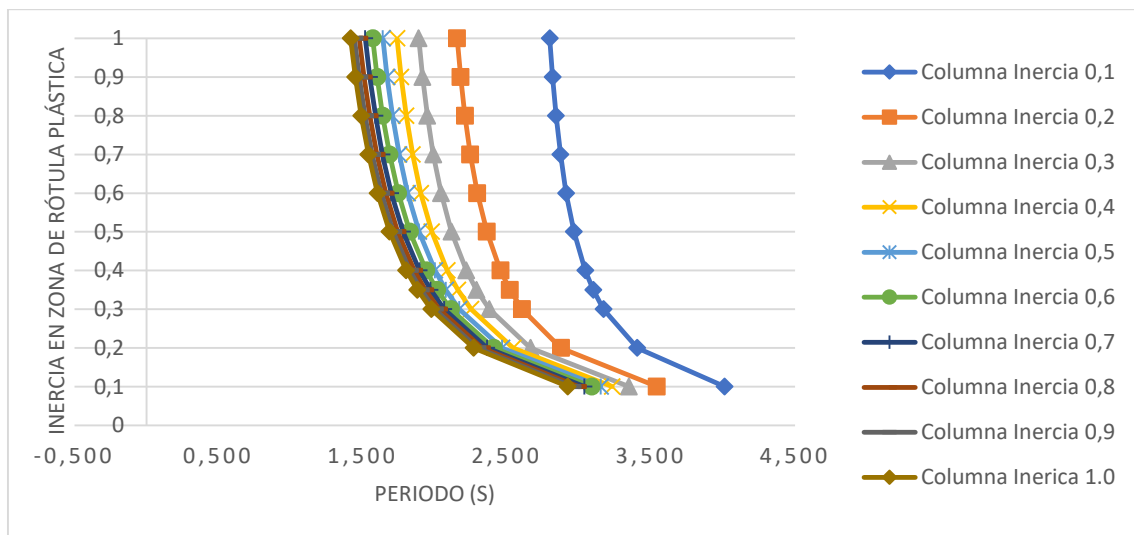


Figura 38: Periodos en segundos del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39:

Deriva Máxima del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	2,7%	2,9%	2,7%	2,7%	2,7%	2,6%	2,6%	2,6%	2,5%	2,5%	2,5%
0,2	2,7%	2,4%	2,2%	2,1%	2,1%	2,0%	2,0%	2,0%	1,9%	1,9%	1,9%
0,3	2,7%	2,1%	2,0%	1,9%	1,9%	1,8%	1,7%	1,7%	1,7%	1,6%	1,6%
0,4	2,6%	2,1%	1,9%	1,8%	1,7%	1,6%	1,6%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%
0,5	2,5%	2,0%	1,8%	1,7%	1,6%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%
0,6	2,5%	2,0%	1,7%	1,6%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%	1,4%	1,3%
0,7	2,5%	1,9%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%
0,8	2,5%	1,9%	1,6%	1,6%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
0,9	2,4%	1,9%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%
1	2,4%	1,9%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%

Fuente: Elaboración propia

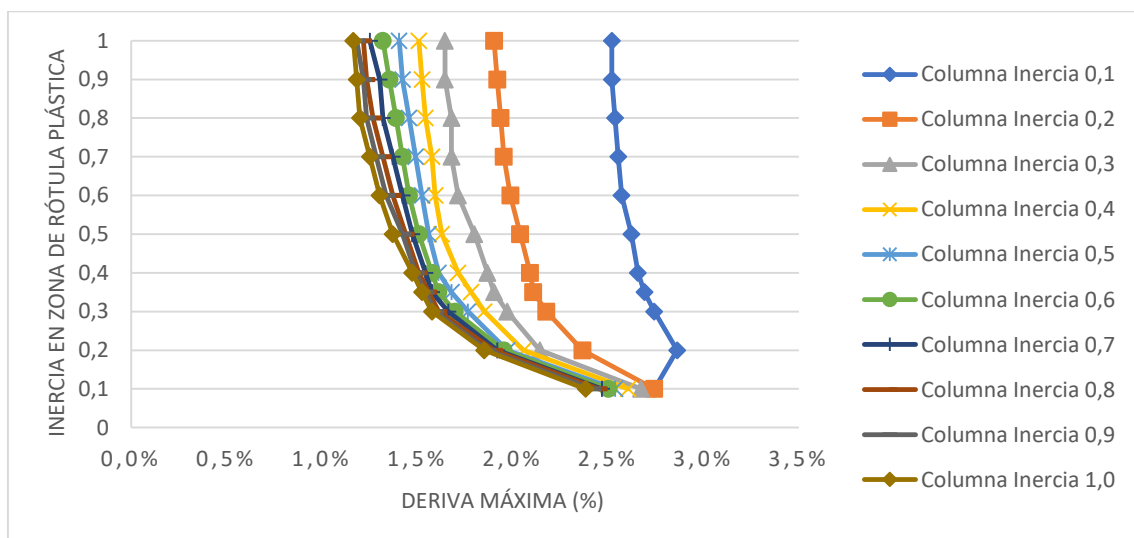


Figura 39: Deriva máxima del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40:

Cortante basal en toneladas del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	183,4	239,3	258,8	262,3	266,8	273,5	278,4	282,0	284,8	287,0	288,8
0,2	229,2	283,6	310,3	320,3	329,2	343,3	353,1	360,4	366,0	370,5	374,1
0,3	247,8	304,7	341,5	354,8	365,2	381,1	392,5	401,9	412,0	420,1	426,7
0,4	257,4	319,7	360,4	374,8	386,1	404,7	423,2	431,3	449,6	456,5	463,6
0,5	268,8	330,3	373,2	387,7	399,2	425,9	445,0	459,4	470,7	479,7	487,2
0,6	270,9	339,6	382,6	397,3	414,0	441,2	460,7	475,5	487,1	496,6	504,8
0,7	275,3	346,5	389,9	407,0	425,1	452,7	472,5	487,5	499,9	504,5	518,4
0,8	280,3	351,0	395,7	415,8	434,1	461,7	481,7	497,5	510,2	520,5	531,1
0,9	285,2	355,9	394,8	423,1	441,3	469,0	489,5	505,7	518,6	531,1	536,7
1	289,7	360,4	406,0	428,6	446,9	474,7	496,2	512,5	526,4	540,6	552,6

Fuente: Elaboración propia

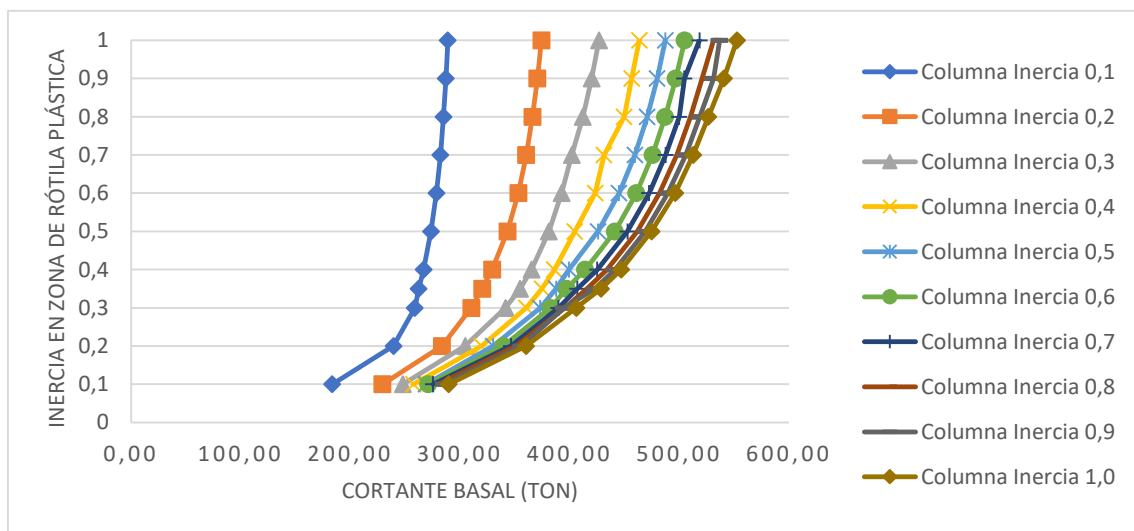


Figura 40: Cortante basal del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3 Edificio de 12 niveles

Tabla 41:

Periodos en segundos del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	4,9	3,9	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0
0,2	4,5	3,5	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4
0,3	4,3	3,3	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
0,4	4,2	3,2	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
0,5	4,1	3,2	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
0,6	4,1	3,1	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9
0,7	4,0	3,1	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9
0,8	4,0	3,0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8
0,9	4,0	3,0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8
1	3,9	3,0	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8

Fuente: Elaboración propia

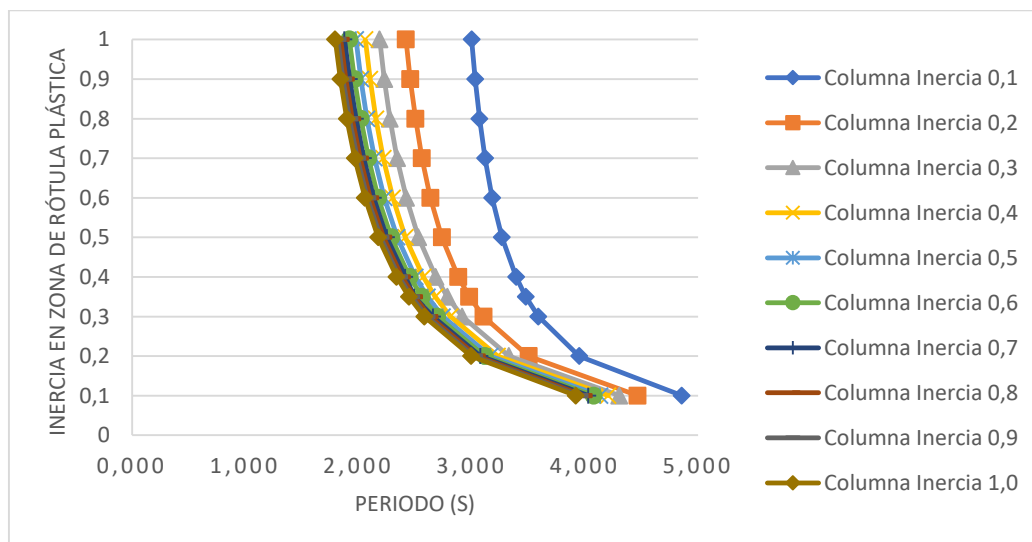


Figura 41: Periodos en segundos del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia



Tabla 42:

Deriva Máxima del edificio de 8 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,89%	1,82%	1,89%	1,90%	1,90%	1,85%	1,82%	1,80%	1,77%	1,75%	1,75%
0,2	1,85%	1,82%	1,68%	1,61%	1,58%	1,49%	1,46%	1,44%	1,39%	1,39%	1,39%
0,3	1,83%	1,75%	1,56%	1,49%	1,44%	1,37%	1,34%	1,30%	1,27%	1,25%	1,23%
0,4	1,83%	1,70%	1,49%	1,42%	1,37%	1,30%	1,25%	1,22%	1,18%	1,17%	1,15%
0,5	1,85%	1,66%	1,46%	1,37%	1,32%	1,27%	1,22%	1,17%	1,13%	1,11%	1,10%
0,6	1,83%	1,65%	1,42%	1,35%	1,30%	1,23%	1,18%	1,13%	1,10%	1,08%	1,06%
0,7	1,83%	1,63%	1,39%	1,32%	1,29%	1,22%	1,17%	1,10%	1,08%	1,06%	1,05%
0,8	1,82%	1,63%	1,39%	1,30%	1,27%	1,20%	1,13%	1,08%	1,06%	1,05%	1,03%
0,9	1,82%	1,61%	1,37%	1,30%	1,27%	1,18%	1,11%	1,08%	1,06%	1,03%	1,01%
1	1,83%	1,59%	1,35%	1,30%	1,25%	1,18%	1,11%	1,06%	1,05%	1,01%	0,99%

Fuente: Elaboración propia

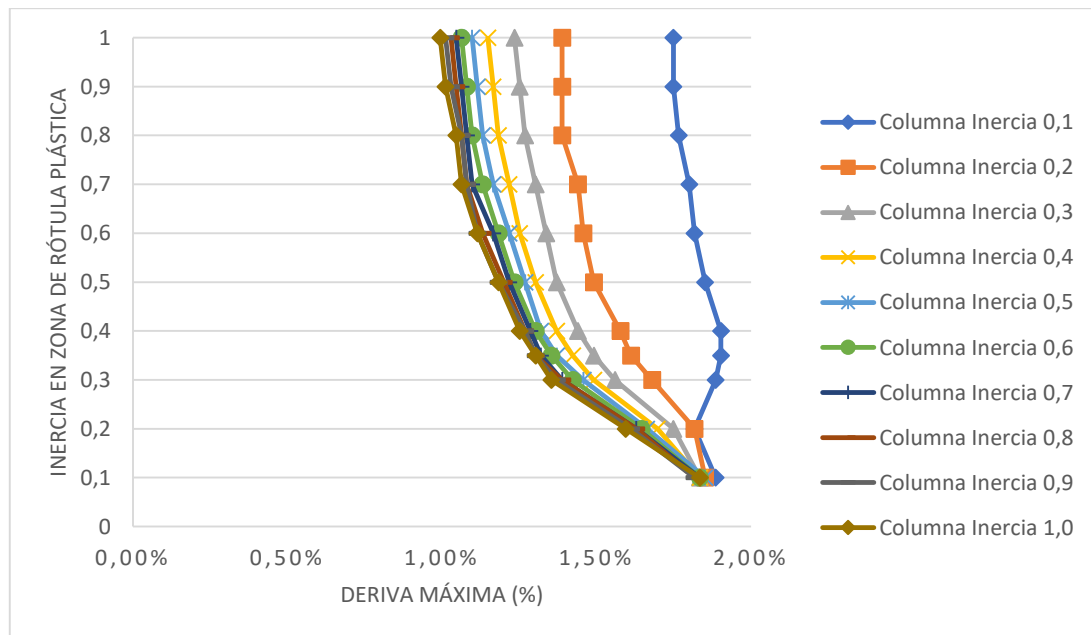


Figura 42: Deriva máxima del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43:

Cortante basal en toneladas del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	302,8	411,4	485,4	510,5	528,8	549,7	564,3	575,3	584,3	591,5	597,3
0,2	351,3	506,2	578,6	602,2	622,2	651,5	675,0	700,7	710,7	725,8	738,3
0,3	372,9	539,9	615,3	641,7	663,0	703,4	736,9	763,7	784,6	801,4	812,3
0,4	386,0	559,4	636,1	663,9	691,7	738,8	775,7	803,8	825,8	844,4	860,3
0,5	397,4	571,2	650,5	682,5	710,6	763,0	800,9	829,7	854,2	873,0	892,7
0,6	407,4	559,5	660,8	695,9	727,3	779,7	818,7	849,4	873,0	898,6	922,7
0,7	416,1	587,5	671,2	706,5	740,2	784,4	831,8	863,2	891,1	920,6	945,0
0,8	424,5	594,1	679,7	715,5	750,5	803,9	843,6	873,9	907,9	937,7	962,3
0,9	432,6	600,1	687,0	724,1	759,1	812,4	852,0	884,3	921,1	951,0	975,9
1	439,3	605,4	693,3	731,4	766,2	819,0	858,8	895,3	932,3	962,4	987,4

Fuente: Elaboración propia

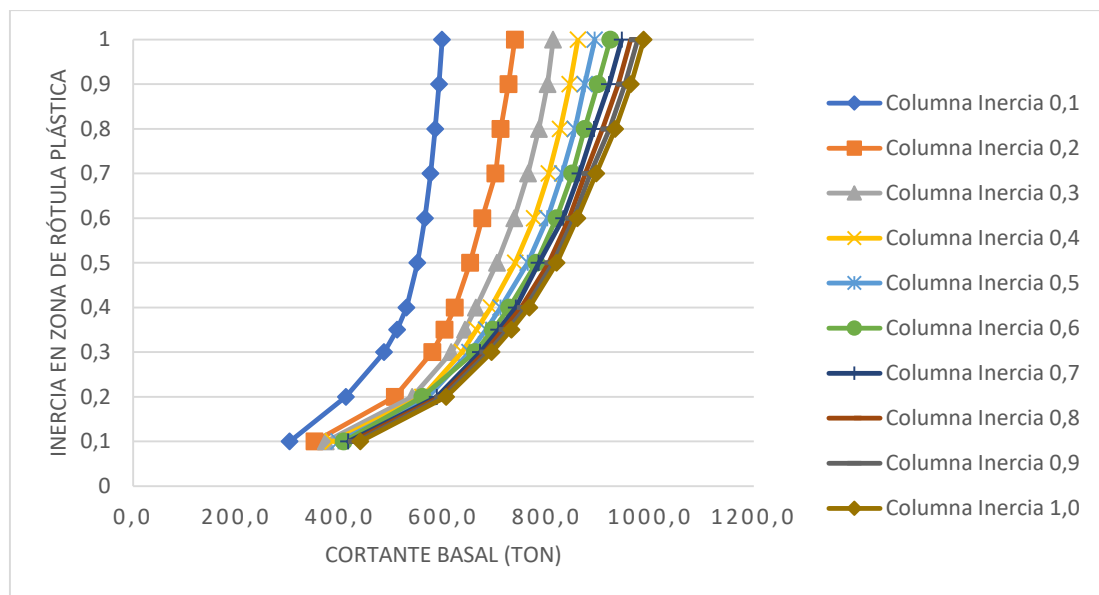


Figura 43: Cortante basal del edificio de 12 niveles con las variaciones de inercia en vigas y columnas

Fuente: Elaboración propia

En las tablas y gráficos presentados anteriormente se observa una tendencia en el comportamiento de los modelos muy similar entre sí, para cada uno de los parámetros estudiados (periodo, deriva máxima y cortante basal). En el caso del periodo (para los 3 modelos) cuanto menor es el factor de reducción de inercia utilizado en la zona de rótulas plásticas en vigas y en toda la sección de la columna mayor es el periodo de oscilación de la estructura, existe una relación inversamente proporcional. La estructura se vuelve flexible bajo la condición de factores de reducción bajos por esta razón tiende a oscilar más lentamente y su periodo es más alto en comparación a la condición de factores de reducción altos donde la estructura se comporta de manera rígida presentando una oscilación rápida.

Los resultados de deriva máxima también muestran una relación inversamente proporcional entre el factor de reducción de inercia y el desplazamiento obtenido en la estructura, cuanto menor es el factor de reducción mayor es el desplazamiento inelástico que se presenta en la estructura. Para el edificio de 8 y 12 niveles ocurre un desfase de esta relación cuando la columna presenta un factor de reducción de 0.1 y las zonas de rótulas plásticas presentan un factor de reducción de 0.1 y 0.2 en el caso del modelo de 8 niveles y 0.1, 0.2, 0.3, 0.35 y 0.4 para el caso del modelo de 12 niveles, el desfase es de apenas un 0.2 % y 0.1 % respectivamente, la diferencia porcentualmente no es de relevancia porque el modelo en el SAP cuando se desplaza por el accionar de las fuerzas sísmicas lo hace de la manera esperada, este desfase en la deriva máxima podría darse por la variación en la sección transversal en las columnas que se propuso para ambos modelos porque existe una pérdida de rigidez.

Los factores de reducción que superan los parámetros (periodo y deriva máxima) muestran la condición más crítica de la estructura, donde los elementos estructurales tienen una inercia muy baja y por ende, existe una rigidez baja en los elementos que ocasionan desplazamientos superiores en comparación a otras condiciones. A continuación, se muestra una figura (ver imagen 44) que considera la influencia de la aceleración y el desplazamiento con base en la curva de capacidad en la zona de rótulas plásticas:

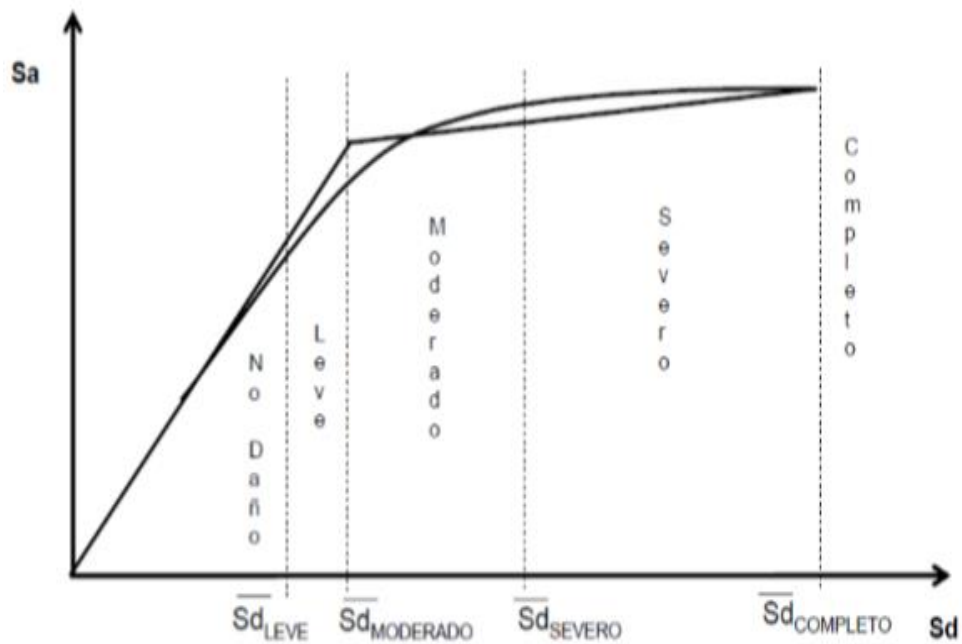


Figura 44: Umbral de daño dependiente de la forma de curva capacidad

Fuente: (Marte Jiménez, 2014, pág. 52)

Como se observa en la figura anterior cuanto más desplazamiento se muestra en la estructura mayor es el daño ocasionado en la misma. Por ende, para considerar bajo qué condición de deriva máxima se va a diseñar la edificación es necesario procurar trabajar con un nivel de daño leve o moderado manejando valores de deriva menores al 2%.

Por último, los valores obtenidos de cortante basal mostraron una relación directamente proporcional, cuanto menor es el factor de reducción de inercia en los elementos estructurales menor es el cortante basal. Por ejemplo, cuando la estructura se encuentre sometida principalmente a cargas horizontales (viento o sismo) y se haya diseñado con factores de reducción bajos, la reacción de la estructura ante esta condición será menos favorable que si se hubiese diseñado con factores de reducción altos.

### **3.7 Variación porcentual de derivas contemplando zona de rótulas plásticas y sin contemplar zona de rótulas plásticas (Tramo central 0.5 y 1.0)**

Para obtener la variación porcentual de derivas, se contemplaron los valores de desplazamiento inelástico obtenidos antes y después del fraccionamiento de la zona de rótulas plásticas para cada uno de los casos de variación de inercia, considerando como valor constante un 0.5 de factor de reducción de inercia para el tramo central de la viga y posteriormente un 1.0 como valor constante. Considerando el supuesto de valor real los resultados que se obtuvieron a partir de la condición sin fraccionar porque es lo que actualmente se realiza en el país a la hora de diseñar una edificación.

Se considera como variación porcentual máxima permitida un 10 %, la escala de color muestra la tendencia del modelo tras la variación en la inercia de los elementos viga y columna, los valores que están entre 0 % y 5 % se encuentran en verde, los valores entre 5 % y 10 % se encuentran en amarillo y los valores superiores al 10 % se encuentran de rojo. Los porcentajes positivos y negativos representan si la variación es ocasionada por un incremento o una reducción en el desplazamiento de la estructura con respecto al modelo sin fraccionar. El porcentaje resaltado en “negrita” es el que hace referencia al resultado obtenido con los factores de reducción recomendados por el DDBD para cada caso.

### 3.7.1 Edificio de 4 niveles

Tabla 44:

Variación porcentual de derivas antes y después del fraccionamiento de la zona de rótula plástica en vigas, edificio de 4 niveles con tramo central 0.5

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	-1,2%	-0,8%	0,0%	0,1%	-0,2%	-0,1%	-0,1%	0,8%	0,1%	0,1%	0,1%
0,2	-2,9%	-1,4%	0,2%	0,8%	1,0%	0,2%	0,3%	-0,1%	0,5%	0,5%	1,1%
0,3	-1,9%	-0,8%	0,0%	0,1%	1,8%	2,9%	2,4%	2,2%	0,5%	0,5%	1,2%
0,4	-2,2%	-1,0%	0,3%	0,3%	0,5%	1,9%	3,3%	4,1%	5,5%	6,1%	5,6%
0,5	-2,0%	-1,0%	0,8%	<b>-0,2%</b>	1,5%	3,8%	4,9%	4,5%	5,9%	5,7%	5,5%
0,6	-1,9%	-1,5%	0,3%	2,0%	1,5%	3,9%	5,0%	5,1%	5,7%	6,4%	6,8%
0,7	-1,9%	-1,6%	0,0%	0,6%	1,9%	3,1%	4,2%	4,8%	5,5%	6,2%	7,5%
0,8	-2,4%	-0,3%	-0,3%	1,0%	1,6%	3,7%	3,1%	3,7%	6,8%	7,5%	7,3%
0,9	-2,0%	-1,0%	0,6%	0,7%	1,4%	3,9%	3,4%	4,9%	5,6%	6,3%	8,8%
1	-2,2%	-0,7%	0,3%	0,9%	2,3%	2,9%	2,9%	5,3%	6,0%	6,7%	9,2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45:

Variación porcentual de derivas antes y después del fraccionamiento de la zona de rótula plástica en vigas, edificio de 4 niveles con tramo central 1.0

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	-2,4%	-0,8%	0,0%	-0,6%	-0,2%	-0,1%	-0,8%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
0,2	-2,9%	-2,2%	-1,5%	-1,0%	0,0%	-0,8%	-0,6%	-0,1%	0,5%	-0,5%	0,1%
0,3	-3,3%	-1,7%	-1,0%	-1,9%	-0,3%	-0,5%	1,2%	-0,2%	0,5%	-0,7%	0,0%
0,4	-3,7%	-1,9%	-0,8%	-1,7%	-0,6%	0,8%	-0,3%	0,3%	1,5%	2,0%	0,1%
0,5	-2,8%	-1,9%	-2,3%	<b>-1,3%</b>	-0,8%	-1,0%	-0,2%	0,4%	0,3%	1,4%	1,1%
0,6	-2,7%	-2,4%	-0,8%	-1,4%	-0,9%	-1,1%	1,0%	-0,5%	1,4%	2,0%	2,3%
0,7	-1,9%	-1,6%	-1,1%	-1,7%	-0,5%	-0,8%	1,5%	0,6%	1,1%	1,6%	2,9%
0,8	-2,4%	-2,3%	-1,4%	-1,4%	-0,8%	1,0%	0,3%	0,8%	2,3%	1,3%	2,5%
0,9	-2,0%	-2,0%	-1,7%	-1,7%	0,1%	-0,1%	2,0%	0,5%	2,6%	1,6%	3,8%
1	-3,0%	-1,7%	-0,9%	-1,5%	-0,2%	0,1%	0,0%	0,8%	1,3%	1,9%	2,5%

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.2 Edificio de 8 niveles

Tabla 46:

Variación porcentual de derivas antes y después del fraccionamiento de la zona de rótula plástica en vigas, edificio de 8 niveles con tramo central 0.5

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	2,3%	11,4%	14,8%	15,5%	16,5%	18,1%	18,5%	19,4%	19,1%	19,4%	20,0%
0,2	1,6%	9,0%	11,1%	11,0%	13,1%	15,9%	17,7%	18,4%	18,8%	18,5%	18,9%
0,3	2,1%	6,1%	9,5%	10,6%	13,9%	14,6%	12,8%	13,5%	16,7%	16,7%	18,4%
0,4	1,8%	5,5%	8,9%	9,4%	10,6%	10,0%	13,1%	16,0%	17,8%	20,1%	21,7%
0,5	0,7%	3,2%	8,3%	7,0%	7,4%	10,6%	13,9%	17,4%	19,4%	19,6%	21,2%
0,6	0,9%	4,0%	7,4%	6,0%	8,0%	10,9%	13,8%	17,6%	18,7%	18,8%	18,9%
0,7	0,3%	3,8%	6,6%	5,1%	7,9%	10,8%	14,7%	17,2%	16,8%	18,4%	17,0%
0,8	0,9%	4,0%	4,6%	5,4%	7,0%	11,6%	14,3%	14,8%	15,3%	15,4%	17,0%
0,9	0,3%	2,7%	4,2%	5,7%	7,3%	12,0%	13,3%	14,8%	14,3%	17,0%	17,1%
1	-0,3%	2,9%	3,8%	5,2%	7,6%	9,7%	12,3%	13,8%	13,2%	16,0%	17,7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47:

Variación porcentual de derivas antes y después del fraccionamiento de la zona de rótula plástica en vigas, edificio de 8 niveles con tramo central 1.0

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,7%	10,7%	13,3%	14,8%	15,8%	16,6%	17,7%	17,8%	18,3%	18,6%	18,4%
0,2	1,6%	8,2%	9,3%	10,1%	11,2%	13,0%	16,7%	17,4%	16,7%	16,4%	16,8%
0,3	1,4%	5,2%	7,6%	9,6%	11,8%	10,3%	10,5%	12,4%	14,3%	15,5%	15,9%
0,4	0,4%	2,9%	6,9%	6,2%	8,4%	8,9%	11,9%	12,2%	15,2%	16,1%	17,5%
0,5	0,0%	1,4%	6,2%	4,8%	6,3%	8,2%	10,0%	13,4%	15,2%	15,2%	15,3%
0,6	0,2%	2,1%	5,2%	3,8%	5,7%	8,4%	9,8%	13,3%	12,8%	12,8%	12,7%
0,7	-1,0%	1,9%	3,3%	4,0%	5,5%	7,0%	10,6%	11,4%	12,3%	10,6%	13,8%
0,8	-0,5%	2,1%	3,5%	4,2%	5,8%	7,6%	10,0%	8,8%	10,6%	12,1%	12,1%
0,9	-0,4%	0,8%	2,0%	3,3%	4,8%	6,6%	9,0%	10,2%	9,5%	10,4%	12,0%
1	-0,3%	1,9%	2,6%	4,0%	3,9%	7,0%	7,9%	9,1%	10,0%	10,9%	10,8%

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.3 Edificio de 12 niveles

Tabla 48:

Variación porcentual de derivas antes y después del fraccionamiento de la zona de rótula plástica en vigas, edificio de 12 niveles con tramo central 0.5

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	0,3%	-0,7%	-0,2%	0,2%	-0,4%	0,1%	1,0%	2,3%	1,5%	1,7%	2,9%
0,2	2,3%	-0,7%	-2,9%	-2,9%	-0,8%	-0,6%	1,2%	2,9%	1,4%	2,9%	4,4%
0,3	0,2%	-4,4%	-3,1%	-2,5%	-1,4%	0,1%	2,1%	2,6%	3,1%	4,3%	5,5%
0,4	-0,8%	-5,7%	-3,8%	-3,2%	-1,3%	0,2%	0,9%	2,3%	3,8%	6,0%	6,3%
0,5	-0,5%	-6,1%	-3,5%	-4,1%	-2,2%	0,7%	2,3%	3,2%	4,8%	6,1%	6,5%
0,6	-1,4%	-6,0%	-3,9%	-3,3%	-2,0%	-0,5%	2,0%	3,8%	4,5%	5,9%	6,3%
0,7	-1,4%	-5,9%	-4,9%	-4,3%	-1,9%	0,6%	3,2%	3,5%	4,9%	6,3%	7,8%
0,8	-2,3%	-5,3%	-3,6%	-4,9%	-1,7%	0,8%	1,9%	2,9%	5,2%	6,7%	8,3%
0,9	-2,8%	-5,8%	-4,1%	-3,5%	-0,9%	0,2%	2,2%	3,8%	6,3%	7,1%	8,8%
1	-1,9%	-6,2%	-4,6%	-2,8%	-1,5%	1,1%	3,2%	3,2%	5,6%	6,5%	8,1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49:

Variación porcentual de derivas antes y después del fraccionamiento de la zona de rótula plástica en vigas, edificio de 12 niveles con tramo central 1.0

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,2%	-0,7%	-0,2%	0,2%	-2,2%	-1,8%	-1,9%	-0,6%	-1,5%	-0,3%	-0,2%
0,2	1,3%	-1,6%	-5,9%	-5,0%	-4,0%	-4,0%	-2,4%	-2,0%	-1,1%	0,3%	-0,8%
0,3	0,2%	-5,4%	-6,3%	-5,9%	-4,9%	-3,6%	-1,9%	-1,5%	-1,0%	0,0%	1,1%
0,4	-0,8%	-6,7%	-7,1%	-6,7%	-5,0%	-2,4%	-3,2%	-2,0%	-2,3%	-0,3%	0,0%
0,5	-1,4%	-8,0%	-6,9%	-6,5%	-4,8%	-3,4%	-3,5%	-2,9%	-1,6%	-0,4%	-0,1%
0,6	-1,4%	-7,9%	-6,2%	-6,9%	-4,6%	-6,0%	-3,9%	-2,5%	-0,4%	-0,8%	1,1%
0,7	-1,4%	-6,9%	-7,2%	-5,6%	-5,8%	-5,1%	-4,4%	-1,3%	-1,8%	-0,6%	0,7%
0,8	-1,4%	-7,3%	-6,0%	-6,2%	-5,6%	-4,9%	-4,2%	-2,0%	-1,6%	-0,3%	1,1%
0,9	-1,9%	-7,8%	-6,5%	-6,0%	-4,9%	-5,6%	-4,1%	-2,7%	-0,6%	0,0%	1,4%
1	-1,9%	-7,2%	-5,8%	-6,6%	-5,5%	-4,8%	-3,2%	-1,8%	-1,3%	-0,8%	0,6%

Fuente: Elaboración propia



Al no existir diferencias significativas entre considerar y no considerar la zona de rótulas plásticas en vigas, quiere decir que el modelo se sigue comportando de una manera similar en sus desplazamientos, se observa que no influye en los resultados considerar la zona de rótulas plásticas. Donde más influyó dicho fraccionamiento fue en el edificio de 8 niveles donde se obtuvo un incremento del 7 % según la metodología del DDBD.

### 3.8 Variación porcentual de derivas utilizando en el tramo central de la viga un valor de reducción de momento de inercia de 0.5 y 1.0

Para conocer la variación en el comportamiento del modelo al utilizar en el tramo central de la viga una reducción de inercia de 0.5 o 1.0 se realizaron tablas que indican la diferencia que existe entre los valores de deriva obtenidos para cada condición de diseño en el tramo central de la viga, tal y como se muestra en las siguientes tablas.

#### 3.8.1 Edificio de 4 niveles

Tabla 50:

Variación porcentual de derivas utilizando en el tramo central de la viga un factor de reducción de momento de inercia de 0.5 y 1.0, edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,1%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%	0,7%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
0,2	0,0%	0,8%	1,8%	1,9%	1,0%	1,0%	1,0%	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%
0,3	1,4%	0,9%	1,0%	2,0%	2,1%	3,3%	1,1%	2,4%	0,0%	1,2%	1,2%
0,4	1,5%	0,9%	1,0%	2,1%	1,1%	1,1%	3,7%	3,8%	3,9%	4,0%	5,5%
0,5	0,8%	0,9%	3,2%	1,1%	2,3%	4,9%	5,1%	4,0%	5,6%	4,2%	4,3%
0,6	0,8%	1,0%	1,1%	3,4%	2,4%	5,1%	3,9%	5,6%	4,2%	4,3%	4,4%
0,7	0,0%	0,0%	1,1%	2,3%	2,4%	3,9%	2,7%	4,2%	4,3%	4,5%	4,5%
0,8	0,0%	2,0%	1,1%	2,4%	2,5%	2,6%	2,8%	2,9%	4,4%	6,2%	4,7%
0,9	0,0%	1,0%	2,3%	2,4%	1,2%	4,1%	1,4%	4,4%	3,0%	4,7%	4,8%
1	0,9%	1,1%	1,2%	2,5%	2,6%	2,7%	2,9%	4,5%	4,6%	4,8%	6,6%

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.2 Edificio de 8 niveles

Tabla 51:

Variación porcentual de derivas utilizando en el tramo central de la viga un factor de reducción de momento de inercia de 0.5 y 1.0, edificio de 8 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	0,6%	0,6%	1,3%	0,6%	0,6%	1,3%	0,7%	1,4%	0,7%	0,7%	1,4%
0,2	0,0%	0,7%	1,6%	0,8%	1,7%	2,6%	0,9%	0,9%	1,8%	1,8%	1,8%
0,3	0,6%	0,8%	1,8%	0,9%	1,9%	4,0%	2,0%	1,0%	2,1%	1,1%	2,1%
0,4	1,3%	2,6%	1,9%	3,0%	2,0%	1,1%	1,1%	3,4%	2,3%	3,5%	3,5%
0,5	0,7%	1,8%	2,0%	2,1%	1,1%	2,2%	3,5%	3,6%	3,7%	3,7%	5,1%
0,6	0,7%	1,8%	2,1%	2,2%	2,2%	2,3%	3,7%	3,7%	5,2%	5,3%	5,5%
0,7	1,4%	1,8%	3,2%	1,1%	2,3%	3,6%	3,8%	5,3%	4,1%	7,0%	2,8%
0,8	1,4%	1,8%	1,1%	1,1%	1,1%	3,7%	3,9%	5,5%	4,2%	2,9%	4,4%
0,9	0,7%	1,9%	2,2%	2,3%	2,4%	5,1%	4,0%	4,2%	4,3%	6,0%	4,5%
1	0,0%	0,9%	1,1%	1,1%	3,6%	2,6%	4,1%	4,3%	2,9%	4,5%	6,3%

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.3 Edificio de 12 niveles

Tabla 52:

Variación porcentual de derivas utilizando en el tramo central de la viga un factor de reducción de momento de inercia de 0.5 y 1.0, edificio de 12 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	1,9%	2,9%	2,9%	3,0%	2,0%	3,0%
0,2	0,9%	1,0%	3,2%	2,2%	3,4%	3,6%	3,7%	5,0%	2,5%	2,5%	5,2%
0,3	0,0%	1,0%	3,4%	3,6%	3,7%	3,9%	4,0%	4,1%	4,2%	4,3%	4,3%
0,4	0,0%	1,0%	3,6%	3,8%	3,9%	2,7%	4,3%	4,4%	6,2%	6,2%	6,3%
0,5	0,9%	2,1%	3,7%	2,6%	2,7%	4,2%	6,0%	6,3%	6,5%	6,6%	6,7%
0,6	0,0%	2,1%	2,5%	3,9%	2,7%	5,9%	6,2%	6,5%	4,9%	6,8%	5,1%
0,7	0,0%	1,1%	2,5%	1,3%	4,2%	6,0%	7,9%	4,9%	6,8%	6,9%	7,0%
0,8	0,9%	2,2%	2,5%	1,3%	4,2%	6,1%	6,5%	5,0%	6,9%	7,0%	7,1%
0,9	0,9%	2,2%	2,6%	2,7%	4,2%	6,2%	6,6%	6,8%	6,9%	7,1%	7,3%
1	0,0%	1,1%	1,3%	4,1%	4,3%	6,2%	6,6%	5,1%	7,0%	7,3%	7,4%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas anteriores la variación porcentual de derivas se encuentra por debajo del 10 % en todos los casos de estudio, como máximo se presenta un 6.6%, 6.3% y 7.4% de variación para los modelos de 4, 8 y 12 niveles, respectivamente. Estos porcentajes indican que independientemente del valor de factor de reducción que estemos utilizando en el tramo central de la viga quien gobierna el diseño es la zona de rótulas plásticas considerando esta zona como la crítica en el modelo estructural.

Por lo tanto, al utilizar elementos estructurales pre-esforzados no se tiene una ganancia significativa en el diseño si no se garantiza que los extremos de la viga se encuentran diseñados bajo las consideraciones necesarias para soportar las solicitudes de carga porque la zona de rótulas plásticas en la viga son las partes más demandadas en la estructura, lo mejor es realizar un diseño con base en la demanda de esta zona y con ello mantener el valor utilizado de factor de reducción para todo el elemento.

### **3.9 Variación porcentual de periodos, deriva máxima y cortante basal con base al CSCR, ACI Y DDBD**

Para la variación porcentual de periodos, deriva máxima y cortante basal se utilizó una clasificación de colores para hacer referencia a cada uno de los códigos y metodologías de diseño consideradas para este trabajo, tal y como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 53:

Clasificación de colores para cada código y metodología de diseño

	Reducción de inercia DDBD
	Reducción de inercia ACI 318
	Reducción de inercia CSCR-2010
	Reducción de inercia Código de diseño de Nueva Zelanda
	Reducción de inercia Eurocódigo

Fuente: Elaboración propia

Se considera cómo variación porcentual máxima permitida un 10%, la escala de color muestra la tendencia del modelo tras la variación en la inercia de la zona de rótula plástica en los elementos tipo viga y en toda la sección de la columna. Los valores que sean menores al 10% se encuentran en color verde, los valores que sean mayores al 10% se encuentran en una escala de amarillo y rojo que van marcando la tendencia en el incremento de los porcentajes de cada parámetro.

### 3.9.1 Edificio de 4 niveles

#### 3.9.1.1 Variación porcentual de periodos

Tabla 54:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	140,9%	106,8%	93,5%	88,4%	86,3%	81,8%	78,7%	76,4%	74,7%	73,3%	72,2%
0,2	109,5%	72,9%	57,7%	53,0%	49,3%	43,9%	40,2%	37,4%	35,3%	33,6%	32,2%
0,3	95,6%	58,9%	43,1%	38,1%	34,2%	28,4%	24,3%	21,3%	19,0%	17,1%	15,6%
0,4	87,0%	50,7%	34,8%	29,7%	25,6%	19,6%	15,4%	12,2%	9,7%	7,7%	6,1%
0,5	80,8%	45,1%	29,2%	24,1%	20,0%	13,8%	9,5%	6,2%	3,7%	1,6%	0,1%
0,6	75,9%	40,9%	25,1%	20,0%	15,8%	9,7%	5,3%	1,9%	0,7%	2,8%	4,5%
0,7	71,8%	37,6%	21,9%	16,8%	12,7%	6,5%	2,0%	1,3%	4,0%	6,1%	7,9%
0,8	68,3%	34,8%	19,3%	14,2%	10,1%	3,9%	0,5%	3,9%	6,6%	8,8%	10,5%
0,9	65,3%	32,4%	17,1%	12,0%	8,0%	1,8%	2,7%	6,1%	8,7%	10,9%	12,7%
1	62,6%	30,3%	15,2%	10,2%	6,1%	0,0%	4,5%	7,9%	10,5%	12,7%	14,5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	106,3%	77,1%	65,7%	61,3%	59,5%	55,7%	53,0%	51,1%	49,6%	48,4%	47,5%
0,2	79,4%	48,0%	35,1%	31,0%	27,9%	23,3%	20,0%	17,7%	15,9%	14,4%	13,2%
0,3	67,5%	36,0%	22,6%	18,3%	14,9%	10,0%	6,5%	3,9%	1,9%	0,3%	1,0%
0,4	60,2%	29,1%	15,4%	11,0%	7,6%	2,5%	1,2%	3,9%	6,0%	7,7%	9,1%
0,5	54,8%	24,3%	10,6%	6,2%	2,7%	2,5%	6,2%	9,0%	11,2%	13,0%	14,4%
0,6	50,6%	20,7%	7,1%	2,7%	0,8%	6,1%	9,9%	12,7%	15,0%	16,7%	18,2%
0,7	47,1%	17,8%	4,4%	0,1%	3,5%	8,8%	12,6%	15,5%	17,8%	19,6%	21,1%
0,8	44,1%	15,4%	2,2%	2,2%	5,7%	11,0%	14,8%	17,7%	20,0%	21,9%	23,4%
0,9	41,5%	13,4%	0,3%	4,1%	7,5%	12,8%	16,7%	19,6%	21,9%	23,7%	25,3%
1	39,2%	11,6%	1,3%	5,6%	9,1%	14,4%	18,2%	21,1%	23,4%	25,3%	26,8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	94,2%	66,7%	56,0%	51,9%	50,2%	46,5%	44,0%	42,2%	40,8%	39,7%	38,8%
0,2	68,8%	39,3%	27,1%	23,3%	20,4%	16,0%	13,0%	10,8%	9,1%	7,7%	6,6%
0,3	57,7%	28,1%	15,4%	11,3%	8,2%	3,5%	0,2%	2,2%	4,1%	5,6%	6,8%
0,4	50,8%	21,5%	8,6%	4,5%	1,3%	3,6%	7,0%	9,6%	11,5%	13,1%	14,4%
0,5	45,7%	17,0%	4,1%	0,0%	3,3%	8,2%	11,7%	14,4%	16,4%	18,1%	19,5%
0,6	41,8%	13,6%	0,9%	3,3%	6,6%	11,6%	15,2%	17,8%	19,9%	21,6%	23,0%
0,7	38,5%	10,9%	1,7%	5,9%	9,2%	14,2%	17,8%	20,5%	22,6%	24,3%	25,7%
0,8	35,7%	8,6%	3,8%	7,9%	11,3%	16,2%	19,8%	22,6%	24,7%	26,5%	27,9%
0,9	33,2%	6,7%	5,6%	9,7%	13,0%	17,9%	21,5%	24,3%	26,4%	28,2%	29,6%
1	31,0%	5,0%	7,1%	11,2%	14,4%	19,4%	23,0%	25,7%	27,9%	29,7%	31,1%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.1.2 Variación porcentual de derivas máximas

Tabla 57:

Variación porcentual de la deriva máxima con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	137,3%	101,3%	96,0%	94,7%	93,3%	92,0%	92,0%	92,0%	90,7%	90,7%	90,7%
0,2	110,7%	68,0%	52,0%	46,7%	41,3%	38,7%	37,3%	36,0%	36,0%	36,0%	36,0%
0,3	96,0%	57,3%	40,0%	34,7%	30,7%	24,0%	18,7%	16,0%	13,3%	13,3%	13,3%
0,4	84,0%	49,3%	33,3%	28,0%	22,7%	17,3%	13,3%	9,3%	6,7%	4,0%	2,7%
0,5	76,0%	44,0%	29,3%	22,7%	20,0%	14,7%	9,3%	4,0%	1,3%	1,3%	4,0%
0,6	69,3%	38,7%	24,0%	21,3%	16,0%	10,7%	5,3%	1,3%	1,3%	4,0%	5,3%
0,7	64,0%	34,7%	21,3%	17,3%	13,3%	6,7%	1,3%	1,3%	4,0%	6,7%	8,0%
0,8	58,7%	33,3%	18,7%	14,7%	10,7%	4,0%	1,3%	4,0%	5,3%	8,0%	10,7%
0,9	54,7%	29,3%	17,3%	12,0%	8,0%	2,7%	2,7%	5,3%	8,0%	10,7%	12,0%
1	50,7%	26,7%	14,7%	10,7%	6,7%	0,0%	4,0%	6,7%	9,3%	12,0%	13,3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58:

Variación porcentual de la deriva máxima con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	102,3%	71,6%	67,0%	65,9%	64,8%	63,6%	63,6%	63,6%	62,5%	62,5%	62,5%
0,2	79,5%	43,2%	29,5%	25,0%	20,5%	18,2%	17,0%	15,9%	15,9%	15,9%	15,9%
0,3	67,0%	34,1%	19,3%	14,8%	11,4%	5,7%	1,1%	1,1%	3,4%	3,4%	3,4%
0,4	56,8%	27,3%	13,6%	9,1%	4,5%	0,0%	3,4%	6,8%	9,1%	11,4%	12,5%
0,5	50,0%	22,7%	10,2%	4,5%	2,3%	2,3%	6,8%	11,4%	13,6%	15,9%	18,2%
0,6	44,3%	18,2%	5,7%	3,4%	1,1%	5,7%	10,2%	13,6%	15,9%	18,2%	19,3%
0,7	39,8%	14,8%	3,4%	0,0%	3,4%	9,1%	13,6%	15,9%	18,2%	20,5%	21,6%
0,8	35,2%	13,6%	1,1%	2,3%	5,7%	11,4%	15,9%	18,2%	19,3%	21,6%	23,9%
0,9	31,8%	10,2%	0,0%	4,5%	8,0%	12,5%	17,0%	19,3%	21,6%	23,9%	25,0%
1	28,4%	8,0%	2,3%	5,7%	9,1%	14,8%	18,2%	20,5%	22,7%	25,0%	26,1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59:

Variación porcentual de las derivas máximas con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	93,5%	64,1%	59,8%	58,7%	57,6%	56,5%	56,5%	56,5%	55,4%	55,4%	55,4%
0,2	71,7%	37,0%	23,9%	19,6%	15,2%	13,0%	12,0%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%
0,3	59,8%	28,3%	14,1%	9,8%	6,5%	1,1%	3,3%	5,4%	7,6%	7,6%	7,6%
0,4	50,0%	21,7%	8,7%	4,3%	0,0%	4,3%	7,6%	10,9%	13,0%	15,2%	16,3%
0,5	43,5%	17,4%	5,4%	0,0%	2,2%	6,5%	10,9%	15,2%	17,4%	19,6%	21,7%
0,6	38,0%	13,0%	1,1%	1,1%	5,4%	9,8%	14,1%	17,4%	19,6%	21,7%	22,8%
0,7	33,7%	9,8%	1,1%	4,3%	7,6%	13,0%	17,4%	19,6%	21,7%	23,9%	25,0%
0,8	29,3%	8,7%	3,3%	6,5%	9,8%	15,2%	19,6%	21,7%	22,8%	25,0%	27,2%
0,9	26,1%	5,4%	4,3%	8,7%	12,0%	16,3%	20,7%	22,8%	25,0%	27,2%	28,3%
1	22,8%	3,3%	6,5%	9,8%	13,0%	18,5%	21,7%	23,9%	26,1%	28,3%	29,3%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.1.3 Variación porcentual de cortante basal

Tabla 60:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	54,5%	47,1%	44,2%	43,3%	42,5%	41,1%	40,1%	39,4%	38,8%	38,3%	37,9%
0,2	47,3%	37,9%	32,7%	30,9%	29,4%	27,0%	25,2%	23,9%	22,8%	21,8%	21,0%
0,3	43,9%	33,3%	26,9%	24,6%	22,5%	19,2%	16,8%	14,5%	12,7%	11,2%	10,0%
0,4	42,0%	30,4%	23,1%	20,2%	18,0%	13,6%	10,3%	7,8%	5,9%	4,3%	1,5%
0,5	40,4%	28,3%	20,2%	17,2%	14,1%	9,4%	6,0%	3,5%	1,5%	0,2%	1,5%
0,6	39,1%	26,6%	18,3%	14,5%	11,3%	6,5%	3,0%	0,4%	1,9%	4,6%	6,9%
0,7	37,9%	25,2%	16,2%	12,3%	9,1%	4,4%	0,9%	2,4%	5,9%	8,7%	11,0%
0,8	36,9%	23,9%	14,4%	10,5%	7,4%	2,6%	1,1%	5,5%	9,0%	11,8%	14,2%
0,9	36,0%	22,7%	12,9%	9,1%	6,0%	1,2%	3,6%	8,0%	11,5%	14,4%	16,8%
1	35,2%	21,7%	11,6%	7,8%	4,7%	0,0%	5,7%	10,1%	13,6%	16,5%	18,9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	48,1%	39,7%	36,3%	35,4%	34,4%	32,8%	31,7%	30,9%	30,2%	29,7%	29,2%
0,2	39,9%	29,2%	23,3%	21,2%	19,6%	16,8%	14,8%	13,3%	12,0%	10,9%	10,0%
0,3	36,0%	24,0%	16,7%	14,0%	11,6%	7,9%	5,2%	2,5%	0,5%	1,2%	2,6%
0,4	33,9%	20,7%	12,3%	9,1%	6,5%	1,5%	2,3%	5,1%	7,3%	9,1%	12,3%
0,5	32,1%	18,3%	9,1%	5,6%	2,1%	3,2%	7,1%	10,0%	12,3%	14,2%	15,7%
0,6	30,6%	16,3%	6,9%	2,5%	1,1%	6,6%	10,5%	13,5%	16,1%	19,3%	21,9%
0,7	29,3%	14,8%	4,4%	0,0%	3,6%	9,0%	13,0%	16,8%	20,7%	23,9%	26,6%
0,8	28,1%	13,2%	2,4%	2,0%	5,6%	11,0%	15,2%	20,2%	24,2%	27,5%	30,2%
0,9	27,0%	11,9%	0,7%	3,7%	7,2%	12,6%	18,1%	23,1%	27,1%	30,4%	33,1%
1	26,1%	10,8%	0,7%	5,1%	8,6%	14,0%	20,4%	25,5%	29,5%	32,8%	35,5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62:

Variación porcentual del cortante basal con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	45,0%	36,1%	32,5%	31,5%	30,5%	28,8%	27,6%	26,7%	26,1%	25,5%	25,0%
0,2	36,3%	24,9%	18,7%	16,5%	14,8%	11,8%	9,7%	8,1%	6,7%	5,5%	4,6%
0,3	32,2%	19,4%	11,7%	8,9%	6,4%	2,4%	0,5%	3,3%	5,5%	7,3%	8,7%
0,4	30,0%	16,0%	7,1%	3,7%	0,9%	4,4%	8,4%	11,4%	13,7%	15,6%	19,0%
0,5	28,0%	13,4%	3,6%	0,0%	3,8%	9,4%	13,5%	16,6%	19,1%	21,0%	22,6%
0,6	26,4%	11,3%	1,3%	3,3%	7,1%	13,0%	17,1%	20,3%	23,1%	26,4%	29,2%
0,7	25,0%	9,7%	1,3%	6,0%	9,8%	15,5%	19,8%	23,8%	27,9%	31,3%	34,1%
0,8	23,8%	8,1%	3,4%	8,1%	11,9%	17,7%	22,1%	27,4%	31,7%	35,1%	38,0%
0,9	22,7%	6,6%	5,2%	9,9%	13,6%	19,4%	25,1%	30,5%	34,7%	38,2%	41,1%
1	21,7%	5,4%	6,8%	11,3%	15,1%	20,8%	27,7%	33,0%	37,3%	40,7%	43,6%

Fuente: Elaboración propia



### 3.9.2 Edificio de 8 niveles

#### 3.9.2.1 Variación porcentual de periodos

Tabla 63:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	137,9%	102,0%	88,1%	83,9%	80,6%	75,9%	72,7%	70,3%	68,5%	67,1%	66,0%
0,2	110,0%	70,5%	54,5%	49,6%	45,7%	40,1%	36,1%	33,2%	31,0%	29,3%	27,8%
0,3	98,5%	58,0%	41,1%	35,8%	31,6%	25,5%	21,2%	18,0%	15,6%	13,6%	12,0%
0,4	91,7%	51,0%	33,6%	28,1%	23,8%	17,4%	12,9%	9,5%	6,9%	4,8%	3,1%
0,5	86,9%	46,3%	28,7%	23,1%	18,7%	12,1%	7,4%	3,9%	1,2%	1,0%	2,7%
0,6	83,2%	42,9%	25,2%	19,6%	15,1%	8,4%	3,6%	0,0%	2,8%	5,0%	6,9%
0,7	80,2%	40,2%	22,6%	16,9%	12,3%	5,5%	0,7%	3,0%	5,8%	8,1%	10,0%
0,8	77,6%	38,1%	20,4%	14,7%	10,2%	3,3%	1,6%	5,3%	8,2%	10,5%	12,4%
0,9	75,4%	36,2%	18,7%	12,9%	8,4%	1,5%	3,4%	7,2%	10,1%	12,4%	14,4%
1	73,4%	34,7%	17,2%	11,5%	6,9%	0,0%	5,0%	8,7%	11,7%	14,1%	16,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	103,6%	72,9%	60,9%	57,3%	54,5%	50,5%	47,8%	45,8%	44,2%	43,0%	42,0%
0,2	79,7%	45,9%	32,2%	28,0%	24,7%	19,8%	16,5%	14,0%	12,1%	10,6%	9,4%
0,3	69,9%	35,2%	20,8%	16,2%	12,6%	7,4%	3,7%	1,0%	1,1%	2,8%	4,1%
0,4	64,0%	29,2%	14,4%	9,6%	5,9%	0,4%	3,4%	6,3%	8,5%	10,3%	11,8%
0,5	59,9%	25,2%	10,2%	5,4%	1,6%	4,1%	8,1%	11,1%	13,4%	15,2%	16,8%
0,6	56,8%	22,3%	7,2%	2,3%	1,5%	7,3%	11,4%	14,4%	16,8%	18,7%	20,3%
0,7	54,2%	20,0%	4,9%	0,0%	3,9%	9,7%	13,8%	17,0%	19,4%	21,4%	23,0%
0,8	52,0%	18,1%	3,1%	1,8%	5,7%	11,6%	15,8%	18,9%	21,4%	23,4%	25,1%
0,9	50,1%	16,6%	1,6%	3,4%	7,3%	13,1%	17,4%	20,5%	23,1%	25,1%	26,7%
1	48,4%	15,2%	0,3%	4,6%	8,5%	14,4%	18,7%	21,9%	24,4%	26,5%	28,1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65:

2Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	93,2%	64,1%	52,7%	49,3%	46,7%	42,9%	40,2%	38,3%	36,9%	35,7%	34,8%
0,2	70,5%	38,5%	25,5%	21,5%	18,3%	13,7%	10,6%	8,2%	6,4%	5,0%	3,8%
0,3	61,2%	28,3%	14,6%	10,3%	6,9%	1,9%	1,6%	4,1%	6,1%	7,7%	9,0%
0,4	55,7%	22,6%	8,5%	4,1%	0,5%	4,7%	8,3%	11,1%	13,2%	14,9%	16,3%
0,5	51,8%	18,8%	4,6%	0,0%	3,6%	8,9%	12,7%	15,6%	17,8%	19,6%	21,0%
0,6	48,8%	16,0%	1,7%	2,9%	6,5%	12,0%	15,9%	18,8%	21,1%	22,9%	24,4%
0,7	46,3%	13,9%	0,5%	5,1%	8,8%	14,3%	18,2%	21,2%	23,5%	25,4%	26,9%
0,8	44,3%	12,1%	2,2%	6,8%	10,5%	16,1%	20,1%	23,1%	25,4%	27,3%	28,9%
0,9	42,4%	10,6%	3,6%	8,3%	12,0%	17,6%	21,6%	24,6%	27,0%	28,9%	30,5%
1	40,8%	9,4%	4,8%	9,5%	13,2%	18,8%	22,8%	25,9%	28,3%	30,2%	31,8%

Fuente: Elaboración propia

## 3.9.2.2 Variación porcentual de derivas máximas

Tabla 66:

Variación porcentual de la deriva máxima con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	100,0%	108,8%	100,0%	96,2%	93,7%	91,2%	87,5%	86,2%	85,0%	83,7%	83,8%
0,2	100,0%	72,5%	58,7%	53,8%	52,5%	48,7%	45,0%	42,5%	41,2%	40,0%	38,7%
0,3	95,0%	56,2%	43,7%	38,7%	36,2%	31,3%	25,0%	22,5%	22,5%	20,0%	20,0%
0,4	90,0%	50,0%	35,0%	30,0%	25,0%	18,7%	16,2%	15,0%	12,5%	11,3%	10,0%
0,5	85,0%	43,8%	28,8%	22,5%	17,5%	13,7%	11,2%	8,7%	6,2%	3,7%	2,5%
0,6	82,5%	42,5%	23,7%	17,5%	15,0%	10,0%	6,2%	3,7%	1,2%	1,2%	3,8%
0,7	80,0%	40,0%	21,3%	15,0%	12,5%	7,5%	3,7%	0,0%	3,8%	5,0%	8,8%
0,8	78,7%	38,7%	17,5%	13,7%	10,0%	5,0%	0,0%	3,8%	7,5%	10,0%	11,3%
0,9	76,2%	36,2%	16,2%	12,5%	8,7%	3,7%	2,5%	6,3%	10,0%	11,3%	13,8%
1	73,7%	35,0%	15,0%	11,3%	7,5%	0,0%	5,0%	8,8%	12,5%	13,8%	15,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67:

Variación porcentual de la deriva máxima con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	73,9%	81,5%	73,9%	70,7%	68,5%	66,3%	63,0%	62,0%	60,9%	59,8%	59,8%
0,2	73,9%	50,0%	38,0%	33,7%	32,6%	29,3%	26,1%	23,9%	22,8%	21,7%	20,7%
0,3	69,6%	35,9%	25,0%	20,7%	18,5%	14,1%	8,7%	6,5%	6,5%	4,3%	4,3%
0,4	65,2%	30,4%	17,4%	13,0%	8,7%	3,3%	1,1%	0,0%	2,2%	3,3%	4,3%
0,5	60,9%	25,0%	12,0%	6,5%	2,2%	1,1%	3,3%	5,4%	7,6%	9,8%	10,9%
0,6	58,7%	23,9%	7,6%	2,2%	0,0%	4,3%	7,6%	9,8%	12,0%	14,1%	16,3%
0,7	56,5%	21,7%	5,4%	0,0%	2,2%	6,5%	9,8%	13,0%	16,3%	17,4%	20,7%
0,8	55,4%	20,7%	2,2%	1,1%	4,3%	8,7%	13,0%	16,3%	19,6%	21,7%	22,8%
0,9	53,3%	18,5%	1,1%	2,2%	5,4%	9,8%	15,2%	18,5%	21,7%	22,8%	25,0%
1	51,1%	17,4%	0,0%	3,3%	6,5%	13,0%	17,4%	20,7%	23,9%	25,0%	26,1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68:

Variación porcentual de las derivas máximas con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	63,3%	70,4%	63,3%	60,2%	58,2%	56,1%	53,1%	52,0%	51,0%	50,0%	50,0%
0,2	63,3%	40,8%	29,6%	25,5%	24,5%	21,4%	18,4%	16,3%	15,3%	14,3%	13,3%
0,3	59,2%	27,6%	17,3%	13,3%	11,2%	7,1%	2,0%	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%
0,4	55,1%	22,4%	10,2%	6,1%	2,0%	3,1%	5,1%	6,1%	8,2%	9,2%	10,2%
0,5	51,0%	17,3%	5,1%	0,0%	4,1%	7,1%	9,2%	11,2%	13,3%	15,3%	16,3%
0,6	49,0%	16,3%	1,0%	4,1%	6,1%	10,2%	13,3%	15,3%	17,3%	19,4%	21,4%
0,7	46,9%	14,3%	1,0%	6,1%	8,2%	12,2%	15,3%	18,4%	21,4%	22,4%	25,5%
0,8	45,9%	13,3%	4,1%	7,1%	10,2%	14,3%	18,4%	21,4%	24,5%	26,5%	27,6%
0,9	43,9%	11,2%	5,1%	8,2%	11,2%	15,3%	20,4%	23,5%	26,5%	27,6%	29,6%
1	41,8%	10,2%	6,1%	9,2%	12,2%	18,4%	22,4%	25,5%	28,6%	29,6%	30,6%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.2.3 Variación porcentual de cortante basal

Tabla 69:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	61,4%	49,6%	45,5%	44,7%	43,8%	42,4%	41,3%	40,6%	40,0%	39,5%	39,1%
0,2	51,7%	40,3%	34,6%	32,5%	30,6%	27,7%	25,6%	24,1%	22,9%	21,9%	21,2%
0,3	47,8%	35,8%	28,1%	25,3%	23,1%	19,7%	17,3%	15,3%	13,2%	11,5%	10,1%
0,4	45,8%	32,6%	24,1%	21,0%	18,7%	14,7%	10,8%	9,1%	5,3%	3,8%	2,3%
0,5	43,4%	30,4%	21,4%	18,3%	15,9%	10,3%	6,3%	3,2%	0,8%	1,1%	2,6%
0,6	42,9%	28,5%	19,4%	16,3%	12,8%	7,1%	2,9%	0,2%	2,6%	4,6%	6,3%
0,7	42,0%	27,0%	17,9%	14,2%	10,4%	4,6%	0,5%	2,7%	5,3%	6,3%	9,2%
0,8	41,0%	26,0%	16,6%	12,4%	8,5%	2,7%	1,5%	4,8%	7,5%	9,7%	11,9%
0,9	39,9%	25,0%	16,8%	10,9%	7,0%	1,2%	3,1%	6,5%	9,3%	11,9%	13,1%
1	39,0%	24,1%	14,5%	9,7%	5,9%	0,0%	4,5%	8,0%	10,9%	13,9%	16,4%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del ACI

318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	54,9%	41,2%	36,4%	35,6%	34,5%	32,8%	31,6%	30,7%	30,0%	29,5%	29,0%
0,2	43,7%	30,3%	23,8%	21,3%	19,1%	15,7%	13,2%	11,5%	10,1%	9,0%	8,1%
0,3	39,1%	25,1%	16,1%	12,8%	10,3%	6,4%	3,6%	1,3%	1,2%	3,2%	4,8%
0,4	36,8%	21,4%	11,4%	7,9%	5,2%	0,6%	4,0%	6,0%	10,5%	12,1%	13,9%
0,5	34,0%	18,8%	8,3%	4,8%	1,9%	4,6%	9,3%	12,9%	15,6%	17,9%	19,7%
0,6	33,4%	16,6%	6,0%	2,4%	1,7%	8,4%	13,2%	16,8%	19,7%	22,0%	24,0%
0,7	32,4%	14,9%	4,2%	0,0%	4,4%	11,2%	16,1%	19,8%	22,8%	24,0%	27,4%
0,8	31,1%	13,8%	2,8%	2,2%	6,6%	13,4%	18,3%	22,2%	25,4%	27,9%	30,5%
0,9	29,9%	12,6%	3,0%	3,9%	8,4%	15,2%	20,3%	24,3%	27,4%	30,5%	31,9%
1	28,8%	11,5%	0,3%	5,3%	9,8%	16,6%	21,9%	25,9%	29,3%	32,8%	35,8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71:

Variación porcentual del cortante basal con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	52,7%	38,3%	33,2%	32,4%	31,2%	29,4%	28,2%	27,2%	26,5%	26,0%	25,5%
0,2	40,9%	26,8%	19,9%	17,4%	15,1%	11,4%	8,9%	7,0%	5,6%	4,4%	3,5%
0,3	36,1%	21,4%	11,9%	8,5%	5,8%	1,7%	1,2%	3,7%	6,3%	8,4%	10,1%
0,4	33,6%	17,5%	7,0%	3,3%	0,4%	4,4%	9,2%	11,2%	16,0%	17,7%	19,6%
0,5	30,7%	14,8%	3,7%	0,0%	3,0%	9,8%	14,8%	18,5%	21,4%	23,7%	25,7%
0,6	30,1%	12,4%	1,3%	2,5%	6,8%	13,8%	18,8%	22,6%	25,6%	28,1%	30,2%
0,7	29,0%	10,6%	0,6%	5,0%	9,7%	16,8%	21,9%	25,7%	28,9%	30,1%	33,7%
0,8	27,7%	9,5%	2,1%	7,3%	12,0%	19,1%	24,3%	28,3%	31,6%	34,3%	37,0%
0,9	26,4%	8,2%	1,8%	9,1%	13,8%	21,0%	26,3%	30,5%	33,8%	37,0%	38,4%
1	25,3%	7,0%	4,7%	10,6%	15,3%	22,4%	28,0%	32,2%	35,8%	39,4%	42,5%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.3 Edificio de 12 niveles

#### 4.9.3.1 Variación porcentual de periodos

Tabla 72:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	123,3%	81,7%	65,1%	60,0%	56,0%	50,3%	46,3%	43,4%	41,2%	39,4%	38,0%
0,2	105,4%	61,1%	42,8%	37,0%	32,5%	25,9%	21,2%	17,8%	15,1%	13,0%	11,3%
0,3	97,9%	53,1%	34,1%	28,1%	23,3%	16,3%	11,4%	7,6%	4,8%	2,5%	0,6%
0,4	93,4%	48,6%	29,3%	23,2%	18,3%	11,1%	5,9%	2,1%	0,9%	3,3%	5,3%
0,5	90,1%	45,6%	26,2%	20,0%	15,1%	7,7%	2,5%	1,5%	4,5%	7,0%	9,1%
0,6	87,5%	43,3%	24,0%	17,7%	12,8%	5,3%	0,0%	4,0%	7,1%	9,6%	11,7%
0,7	85,4%	41,6%	22,2%	14,6%	11,0%	3,5%	1,8%	5,9%	9,0%	11,6%	13,7%
0,8	83,5%	40,1%	20,9%	14,6%	9,6%	2,1%	3,3%	7,3%	10,5%	13,1%	15,2%
0,9	81,8%	38,9%	19,7%	13,4%	8,5%	1,0%	4,4%	8,5%	11,7%	14,3%	16,5%
1	80,3%	37,8%	18,7%	12,5%	7,5%	0,0%	5,4%	9,5%	12,7%	15,3%	17,5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73:

Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	94,9%	58,5%	44,0%	39,6%	36,1%	31,1%	27,7%	25,1%	23,2%	21,6%	20,4%
0,2	79,2%	40,6%	24,6%	19,5%	15,6%	9,8%	5,8%	2,8%	0,5%	1,4%	2,9%
0,3	72,7%	33,6%	17,0%	11,8%	7,6%	1,5%	2,8%	6,1%	8,6%	10,6%	12,2%
0,4	68,8%	29,7%	12,9%	7,5%	3,2%	3,1%	7,6%	10,9%	13,5%	15,6%	17,4%
0,5	65,9%	27,0%	10,1%	4,7%	0,4%	6,0%	10,6%	14,0%	16,7%	18,9%	20,6%
0,6	63,6%	25,1%	8,2%	2,7%	1,6%	8,1%	12,7%	16,2%	18,9%	21,1%	23,0%
0,7	61,7%	23,5%	6,7%	0,0%	3,1%	9,6%	14,3%	17,8%	20,6%	22,8%	24,7%
0,8	60,1%	22,3%	5,5%	0,0%	4,4%	10,9%	15,6%	19,1%	21,9%	24,2%	26,0%
0,9	58,6%	21,2%	4,4%	1,0%	5,4%	11,9%	16,6%	20,2%	23,0%	25,2%	27,1%
1	57,3%	20,2%	3,6%	1,9%	6,2%	12,7%	17,5%	21,0%	23,9%	26,1%	28,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74:

3Variación porcentual del periodo con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	98,1%	61,1%	46,4%	41,9%	38,4%	33,3%	29,8%	27,2%	25,2%	23,6%	22,4%
0,2	82,2%	42,9%	26,6%	21,5%	17,5%	11,6%	7,5%	4,5%	2,1%	0,2%	1,3%
0,3	75,5%	35,8%	18,9%	13,6%	9,4%	3,1%	1,2%	4,5%	7,1%	9,1%	10,8%
0,4	71,5%	31,8%	14,7%	9,2%	4,9%	1,5%	6,0%	9,5%	12,1%	14,3%	16,0%
0,5	68,6%	29,1%	11,9%	6,4%	2,0%	4,5%	9,1%	12,6%	15,4%	17,5%	19,4%
0,6	66,3%	27,1%	9,9%	4,4%	0,0%	6,6%	11,3%	14,8%	17,6%	19,9%	21,7%
0,7	64,4%	25,5%	8,4%	1,6%	1,6%	8,2%	12,9%	16,5%	19,3%	21,6%	23,5%
0,8	62,7%	24,2%	7,2%	1,6%	2,8%	9,4%	14,2%	17,8%	20,6%	22,9%	24,8%
0,9	61,2%	23,1%	6,2%	0,6%	3,8%	10,5%	15,2%	18,9%	21,7%	24,0%	25,9%
1	59,9%	22,2%	5,3%	0,3%	4,7%	11,3%	16,1%	19,7%	22,6%	24,9%	26,8%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.3.2 Variación porcentual de derivas máximas

Tabla 75:

Variación porcentual de la deriva máxima con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	59,4%	53,6%	59,4%	60,9%	60,9%	56,5%	53,6%	52,2%	49,3%	47,8%	47,8%
0,2	56,5%	53,6%	42,0%	36,2%	33,3%	26,1%	23,2%	21,7%	17,4%	17,4%	17,4%
0,3	55,1%	47,8%	31,9%	26,1%	21,7%	15,9%	13,0%	10,1%	7,2%	5,8%	4,3%
0,4	55,1%	43,5%	26,1%	20,3%	15,9%	10,1%	5,8%	2,9%	0,0%	1,4%	2,9%
0,5	56,5%	40,6%	23,2%	15,9%	11,6%	7,2%	2,9%	1,4%	4,3%	5,8%	7,2%
0,6	55,1%	39,1%	20,3%	14,5%	10,1%	4,3%	0,0%	4,3%	7,2%	8,7%	10,1%
0,7	55,1%	37,7%	17,4%	11,6%	8,7%	2,9%	1,4%	7,2%	8,7%	10,1%	11,6%
0,8	53,6%	37,7%	17,4%	10,1%	7,2%	1,4%	4,3%	8,7%	10,1%	11,6%	13,0%
0,9	53,6%	36,2%	15,9%	10,1%	7,2%	0,0%	5,8%	8,7%	10,1%	13,0%	14,5%
1	55,1%	34,8%	14,5%	10,1%	5,8%	0,0%	5,8%	10,1%	11,6%	14,5%	15,9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76:

Variación porcentual de la deriva máxima con base en los parámetros de diseño del ACI 318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	42,9%	37,7%	42,9%	44,2%	44,2%	40,3%	37,7%	36,4%	33,8%	32,5%	32,5%
0,2	40,3%	37,7%	27,3%	22,1%	19,5%	13,0%	10,4%	9,1%	5,2%	5,2%	5,2%
0,3	39,0%	32,5%	18,2%	13,0%	9,1%	3,9%	1,3%	1,3%	3,9%	5,2%	6,5%
0,4	39,0%	28,6%	13,0%	7,8%	3,9%	1,3%	5,2%	7,8%	10,4%	11,7%	13,0%
0,5	40,3%	26,0%	10,4%	3,9%	0,0%	3,9%	7,8%	11,7%	14,3%	15,6%	16,9%
0,6	39,0%	24,7%	7,8%	2,6%	1,3%	6,5%	10,4%	14,3%	16,9%	18,2%	19,5%
0,7	39,0%	23,4%	5,2%	0,0%	2,6%	7,8%	11,7%	16,9%	18,2%	19,5%	20,8%
0,8	37,7%	23,4%	5,2%	1,3%	3,9%	9,1%	14,3%	18,2%	19,5%	20,8%	22,1%
0,9	37,7%	22,1%	3,9%	1,3%	3,9%	10,4%	15,6%	18,2%	19,5%	22,1%	23,4%
1	39,0%	20,8%	2,6%	1,3%	5,2%	10,4%	15,6%	19,5%	20,8%	23,4%	24,7%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 77:

Variación porcentual de las derivas máximas con base en los parámetros de diseño del DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	44,7%	39,5%	44,7%	46,1%	46,1%	42,1%	39,5%	38,2%	35,5%	34,2%	34,2%
0,2	42,1%	39,5%	28,9%	23,7%	21,1%	14,5%	11,8%	10,5%	6,6%	6,6%	6,6%
0,3	40,8%	34,2%	19,7%	14,5%	10,5%	5,3%	2,6%	0,0%	2,6%	3,9%	5,3%
0,4	40,8%	30,3%	14,5%	9,2%	5,3%	0,0%	3,9%	6,6%	9,2%	10,5%	11,8%
0,5	42,1%	27,6%	11,8%	5,3%	1,3%	2,6%	6,6%	10,5%	13,2%	14,5%	15,8%
0,6	40,8%	26,3%	9,2%	3,9%	0,0%	5,3%	9,2%	13,2%	15,8%	17,1%	18,4%
0,7	40,8%	25,0%	6,6%	1,3%	1,3%	6,6%	10,5%	15,8%	17,1%	18,4%	19,7%
0,8	39,5%	25,0%	6,6%	0,0%	2,6%	7,9%	13,2%	17,1%	18,4%	19,7%	21,1%
0,9	39,5%	23,7%	5,3%	0,0%	2,6%	9,2%	14,5%	17,1%	18,4%	21,1%	22,4%
1	40,8%	22,4%	3,9%	0,0%	3,9%	9,2%	14,5%	18,4%	19,7%	22,4%	23,7%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.3.3 Variación porcentual de cortante basal

Tabla 78:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del Código Sísmico de Costa Rica 2010

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	63,0%	49,8%	40,7%	37,7%	35,4%	32,9%	31,1%	29,8%	28,7%	27,8%	27,1%
0,2	57,1%	38,2%	29,3%	26,5%	24,0%	20,4%	17,6%	14,4%	13,2%	11,4%	9,9%
0,3	54,5%	34,1%	24,9%	21,7%	19,0%	14,1%	10,0%	6,8%	4,2%	2,2%	0,8%
0,4	52,9%	31,7%	22,3%	18,9%	15,5%	9,8%	5,3%	1,9%	0,8%	3,1%	5,0%
0,5	51,5%	30,3%	20,6%	16,7%	13,2%	6,8%	2,2%	1,3%	4,3%	6,6%	9,0%
0,6	50,3%	31,7%	19,3%	15,0%	11,2%	4,8%	0,0%	3,7%	6,6%	9,7%	12,7%
0,7	49,2%	28,3%	18,1%	13,7%	9,6%	4,2%	1,6%	5,4%	8,8%	12,4%	15,4%
0,8	48,2%	27,5%	17,0%	12,6%	8,4%	1,8%	3,0%	6,7%	10,9%	14,5%	17,5%
0,9	47,2%	26,7%	16,1%	11,6%	7,3%	0,8%	4,0%	8,0%	12,5%	16,1%	19,2%
1	46,4%	26,1%	15,4%	10,7%	6,5%	0,0%	4,9%	9,3%	13,8%	17,5%	20,6%



Fuente: Elaboración propia

Tabla 79:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del ACI

318

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	57,1%	41,8%	31,3%	27,7%	25,2%	22,2%	20,1%	18,6%	17,3%	16,3%	15,4%
0,2	50,3%	28,3%	18,1%	14,8%	11,9%	7,8%	4,4%	0,8%	0,6%	2,7%	4,5%
0,3	47,2%	23,6%	12,9%	9,2%	6,2%	0,4%	4,3%	8,1%	11,1%	13,4%	15,0%
0,4	45,4%	20,8%	10,0%	6,0%	2,1%	4,6%	9,8%	13,8%	16,9%	19,5%	21,8%
0,5	43,7%	19,1%	7,9%	3,4%	0,6%	<b>8,0%</b>	13,4%	17,4%	20,9%	23,6%	26,4%
0,6	42,3%	20,8%	6,5%	1,5%	3,0%	10,4%	15,9%	20,2%	23,6%	27,2%	30,6%
0,7	41,1%	16,8%	5,0%	0,0%	4,8%	11,0%	17,7%	22,2%	26,1%	30,3%	33,8%
0,8	39,9%	15,9%	3,8%	1,3%	6,2%	13,8%	19,4%	23,7%	28,5%	32,7%	36,2%
0,9	38,8%	15,1%	2,8%	2,5%	7,5%	15,0%	20,6%	25,2%	30,4%	34,6%	38,1%
1	37,8%	14,3%	1,9%	3,5%	8,5%	15,9%	21,6%	26,7%	32,0%	36,2%	39,8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80:

Variación porcentual de cortante basal con base en los parámetros de diseño del

DDBD

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	58,4%	43,4%	33,3%	29,8%	27,3%	24,4%	22,4%	20,9%	19,7%	18,7%	17,9%
0,2	51,7%	30,4%	20,4%	17,2%	14,5%	10,4%	7,2%	3,7%	2,3%	0,2%	1,5%
0,3	48,7%	25,8%	15,4%	11,8%	8,8%	3,3%	1,3%	5,0%	7,9%	10,2%	11,7%
0,4	46,9%	23,1%	12,5%	8,7%	4,9%	1,6%	6,7%	10,5%	13,5%	16,1%	18,3%
0,5	45,4%	21,5%	10,6%	6,2%	2,3%	<b>4,9%</b>	10,1%	14,1%	17,4%	20,0%	22,7%
0,6	44,0%	23,1%	9,2%	4,3%	0,0%	7,2%	12,6%	16,8%	20,0%	23,5%	26,9%
0,7	42,8%	19,2%	7,7%	2,9%	1,8%	7,9%	14,4%	18,7%	22,5%	26,6%	29,9%
0,8	41,6%	18,3%	6,5%	1,6%	3,2%	10,5%	16,0%	20,2%	24,8%	28,9%	32,3%
0,9	40,5%	17,5%	5,5%	0,4%	4,4%	11,7%	17,1%	21,6%	26,6%	30,8%	34,2%
1	39,6%	16,8%	4,7%	0,6%	5,3%	12,6%	18,1%	23,1%	28,2%	32,3%	35,8%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en las tablas anteriores muestran la variación porcentual que se presenta entre los códigos y metodologías de diseño contempladas en este trabajo de investigación. Los valores que se encuentran al lado izquierdo de la franja verde nos llevan a un diseño estructural conservador ya que consideran la condición más crítica de la estructura para los parámetros de periodo y deriva máxima.

Todos los modelos presentaron una tendencia de variación muy similar entre sí, donde se observa claramente cómo la propuesta de factores de reducción de momento de inercia contemplada en nuestro código se encuentra distante de las otras metodologías de diseño con un 15% aproximadamente de diferencia para todos los resultados obtenidos en los diferentes parámetros de estudio. Caso contrario sucede si comparamos la variación que hubo entre el ACI, DDBD, Eurocódigo y el Código de Diseño de Nueva Zelanda, donde la variación entre ellos es de apenas un 5% como máximo. Esta información indica que lo utilizado hoy en día en nuestro país se encuentra muy lejos de lo que se utiliza en países más desarrollados.

### **3.10 Variación porcentual de derivas y cortante basal de los modelos de 8 y 12 niveles con base al modelo de 4 niveles.**

Para la variación porcentual entre niveles se contemplaron los parámetros de derivas y cortante basal como variables comparativas en este caso. Se comparan a partir de los resultados obtenidos tomando como referencia el Código Sísmico de Costa Rica y el ACI 318, y se encierran dentro de un cuadro punteado los rangos de factores de reducción mínimos y máximos que se consideran en los diferentes códigos internacionales.

#### **3.10.1 Variación porcentual de derivas según enfoque en CSCR-2010**

Tabla 81:

Variación porcentual de deriva, edificio de 8 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	-37,3%	7,4%	4,0%	1,6%	0,4%	-0,8%	-4,5%	-5,8%	-5,7%	-6,9%	-6,9%
0,2	-10,7%	4,5%	6,7%	7,1%	11,2%	10,1%	7,7%	6,5%	5,2%	4,0%	2,7%
0,3	-1,0%	-1,1%	3,7%	4,1%	5,6%	7,3%	6,3%	6,5%	9,2%	6,7%	6,7%
0,4	6,0%	0,7%	1,7%	2,0%	2,3%	1,4%	2,9%	5,7%	5,8%	7,2%	7,3%
0,5	9,0%	-0,3%	-0,6%	-0,2%	-2,5%	-0,9%	1,9%	4,7%	4,9%	2,4%	-1,5%
0,6	13,2%	3,8%	-0,3%	-3,8%	-1,0%	-0,7%	0,9%	2,4%	-0,1%	-2,8%	-1,6%
0,7	16,0%	5,3%	-0,1%	-2,3%	-0,8%	0,8%	2,4%	-1,3%	-0,2%	-1,7%	0,8%
0,8	20,1%	5,4%	-1,2%	-0,9%	-0,7%	1,0%	-1,3%	-0,2%	2,2%	2,0%	0,6%
0,9	21,6%	6,9%	-1,1%	0,5%	0,7%	1,1%	-0,2%	0,9%	2,0%	0,6%	1,8%
1	23,1%	8,3%	0,3%	0,6%	0,8%	0,0%	1,0%	2,1%	3,2%	1,8%	1,7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82:

Variación porcentual de deriva, edificio de 12 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	-77,9%	-47,7%	-36,6%	-33,8%	-32,5%	-35,5%	-38,4%	-39,8%	-41,4%	-42,8%	-42,8%
0,2	-54,1%	-14,4%	-10,0%	-10,4%	-8,0%	-12,6%	-14,1%	-14,3%	-18,6%	-18,6%	-18,6%
0,3	-40,9%	-9,5%	-8,1%	-8,6%	-8,9%	-8,1%	-5,6%	-5,9%	-6,1%	-7,5%	-9,0%
0,4	-28,9%	-5,9%	-7,2%	-7,7%	-6,7%	-7,2%	-7,5%	-6,4%	-6,7%	-2,6%	0,2%
0,5	-19,5%	-3,4%	-6,1%	-6,7%	-8,4%	-7,4%	-6,4%	-2,6%	3,0%	4,5%	3,2%
0,6	-14,3%	0,5%	-3,7%	-6,8%	-5,9%	-6,3%	-5,3%	3,0%	5,9%	4,7%	4,8%
0,7	-8,9%	3,0%	-3,9%	-5,7%	-4,6%	-3,8%	0,1%	5,9%	4,7%	3,5%	3,6%
0,8	-5,0%	4,3%	-1,3%	-4,5%	-3,4%	-2,6%	3,0%	4,7%	4,8%	3,6%	2,4%
0,9	-1,0%	6,9%	-1,4%	-1,9%	-0,8%	-2,7%	3,1%	3,4%	2,1%	2,4%	2,5%
1	4,4%	8,1%	-0,2%	-0,5%	-0,9%	0,0%	1,8%	3,5%	2,3%	2,5%	2,6%

Fuente: Elaboración propia

### 3.10.2 Variación porcentual de cortante basal según enfoque en CSCR-2010

Tabla 83:

Variación porcentual de cortante basal, edificio de 8 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

<b>Inercia vigas/ Inercia Columna</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
<b>0,1</b>	6,9%	2,4%	1,3%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%
<b>0,2</b>	4,4%	2,4%	1,9%	1,6%	1,2%	0,7%	0,4%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%
<b>0,3</b>	3,9%	2,5%	1,2%	0,7%	0,6%	0,5%	0,5%	0,8%	0,5%	0,3%	0,1%
<b>0,4</b>	3,7%	2,2%	1,0%	0,8%	0,7%	1,2%	0,6%	1,4%	-0,6%	-0,5%	0,9%
<b>0,5</b>	3,0%	2,1%	1,1%	1,1%	1,8%	0,9%	0,2%	-0,3%	-0,6%	0,9%	1,1%
<b>0,6</b>	3,8%	1,9%	1,1%	1,8%	1,5%	0,6%	-0,1%	-0,3%	0,7%	0,0%	-0,6%
<b>0,7</b>	4,1%	1,8%	1,7%	2,0%	1,3%	0,3%	-0,4%	0,3%	-0,6%	-2,4%	-1,8%
<b>0,8</b>	4,1%	2,2%	2,3%	1,9%	1,2%	0,1%	0,4%	-0,7%	-1,5%	-2,2%	-2,3%
<b>0,9</b>	3,9%	2,3%	3,9%	1,8%	1,1%	0,0%	-0,4%	-1,4%	-2,3%	-2,5%	-3,7%
<b>1</b>	3,8%	2,4%	2,8%	1,9%	1,1%	0,0%	-1,1%	-2,1%	-2,7%	-2,6%	-2,5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84:

Variación porcentual de cortante basal, edificio de 12 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

<b>Inercia vigas/ Inercia Columna</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
<b>0,1</b>	8,5%	2,6%	-3,4%	-5,7%	-7,0%	-8,2%	-9,0%	-9,6%	-10,2%	-10,5%	-10,8%
<b>0,2</b>	9,8%	0,3%	-3,3%	-4,4%	-5,4%	-6,5%	-7,7%	-9,5%	-9,5%	-10,4%	-11,2%
<b>0,3</b>	10,6%	0,8%	-2,0%	-2,9%	-3,4%	-5,1%	-6,8%	-7,7%	-8,5%	-9,1%	-9,2%
<b>0,4</b>	10,8%	1,3%	-0,8%	-1,3%	-2,4%	-3,8%	-5,0%	-5,9%	-5,0%	-1,2%	3,6%
<b>0,5</b>	11,1%	1,9%	0,3%	-0,6%	-0,9%	-2,6%	-3,8%	-2,2%	2,8%	6,4%	7,5%
<b>0,6</b>	11,1%	5,1%	1,0%	0,6%	-0,1%	-1,7%	-3,0%	3,3%	4,7%	5,1%	5,7%
<b>0,7</b>	11,3%	3,0%	1,9%	1,5%	0,5%	-0,1%	0,7%	3,0%	2,9%	3,7%	4,4%
<b>0,8</b>	11,3%	3,6%	2,6%	2,1%	1,0%	-0,8%	1,9%	1,2%	1,9%	2,7%	3,3%
<b>0,9</b>	11,2%	4,0%	3,2%	2,5%	1,4%	-0,4%	0,5%	0,0%	0,9%	1,7%	2,4%
<b>1</b>	11,2%	4,4%	3,7%	2,9%	1,7%	0,0%	-0,8%	-0,8%	0,2%	1,0%	1,7%

Fuente: Elaboración propia

### 3.10.3 Variación porcentual de derivas según enfoque en ACI 318

Tabla 85:

Variación porcentual de deriva, edificio de 8 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	-28,4%	9,9%	6,9%	4,7%	3,7%	2,7%	-0,6%	-1,7%	-1,6%	-2,7%	-2,7%
0,2	-5,6%	6,8%	8,5%	8,7%	12,2%	11,2%	9,0%	8,0%	6,9%	5,8%	4,7%
0,3	2,5%	1,8%	5,7%	5,9%	7,1%	8,4%	7,6%	5,4%	3,1%	0,9%	0,9%
0,4	8,4%	3,2%	3,8%	4,0%	4,2%	3,3%	-2,3%	-6,8%	-6,9%	-8,1%	-8,2%
0,5	10,9%	2,3%	1,7%	2,0%	-0,1%	-1,2%	-3,6%	-5,9%	-6,0%	-6,1%	-7,3%
0,6	14,4%	5,7%	1,9%	-1,2%	-1,1%	-1,3%	-2,6%	-3,9%	-4,0%	-4,1%	-3,0%
0,7	16,7%	7,0%	2,0%	0,0%	-1,2%	-2,6%	-3,9%	-2,9%	-1,9%	-3,1%	-0,9%
0,8	20,2%	7,0%	1,0%	-1,2%	-1,3%	-2,7%	-2,9%	-1,9%	0,2%	0,1%	-1,0%
0,9	21,4%	8,3%	1,1%	-2,4%	-2,5%	-2,7%	-1,8%	-0,8%	0,1%	-1,0%	0,0%
1	22,7%	9,4%	-2,3%	-2,4%	-2,6%	-1,7%	-0,8%	0,2%	1,2%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86:

Variación porcentual de deriva, edificio de 12 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	-59,4%	-33,9%	-24,2%	-21,8%	-20,6%	-23,4%	-26,0%	-27,3%	-28,7%	-30,0%	-30,0%
0,2	-39,3%	-5,5%	-2,3%	-2,9%	-1,0%	-5,2%	-6,7%	-6,8%	-10,7%	-10,7%	-10,7%
0,3	-28,1%	-1,6%	-1,1%	-1,8%	-2,3%	-1,8%	0,2%	0,2%	0,5%	1,8%	3,1%
0,4	-17,9%	1,3%	-0,6%	-1,3%	-0,6%	1,3%	1,8%	1,0%	1,3%	0,3%	0,5%
0,5	-9,7%	3,2%	0,2%	-0,6%	-2,3%	1,6%	1,0%	0,3%	0,6%	-0,3%	-1,3%
0,6	-5,4%	6,5%	2,1%	-0,8%	0,2%	0,8%	0,2%	0,6%	1,0%	0,0%	0,2%
0,7	-0,8%	8,6%	1,8%	0,0%	-0,8%	-1,3%	-1,9%	1,0%	0,0%	-1,0%	-0,8%
0,8	2,4%	9,7%	4,1%	-1,0%	-1,8%	-2,3%	-1,6%	0,0%	0,2%	-0,8%	-1,8%
0,9	5,8%	11,9%	3,9%	-3,2%	-4,1%	-2,1%	-1,5%	-1,1%	-2,1%	-1,8%	-1,6%
1	10,6%	12,8%	0,3%	-4,4%	-3,9%	-4,4%	-2,6%	-1,0%	-1,9%	-1,6%	-1,5%

Fuente: Elaboración propia

### 3.10.4 Variación porcentual de cortante basal según enfoque en ACI 318

Tabla 87:

Variación porcentual de cortante basal, edificio de 8 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
<b>0,1</b>	6,8%	1,5%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	-0,1%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,2%
<b>0,2</b>	3,8%	1,1%	0,5%	0,1%	-0,5%	-1,1%	-1,5%	-1,8%	-1,9%	-1,9%	-1,9%
<b>0,3</b>	3,1%	1,1%	-0,5%	-1,2%	-1,4%	-1,5%	-1,6%	-1,3%	0,8%	2,0%	2,3%
<b>0,4</b>	2,8%	0,7%	-0,9%	-1,2%	-1,4%	-0,9%	1,7%	0,8%	3,1%	3,1%	1,6%
<b>0,5</b>	1,9%	0,6%	-0,8%	-0,9%	-0,2%	1,4%	2,2%	2,8%	3,3%	3,7%	4,0%
<b>0,6</b>	2,8%	0,3%	-0,9%	-0,1%	0,6%	1,8%	2,7%	3,3%	3,5%	2,7%	2,1%
<b>0,7</b>	3,1%	0,1%	-0,2%	0,0%	0,9%	2,2%	3,1%	3,0%	2,1%	0,0%	0,8%
<b>0,8</b>	3,1%	0,5%	0,4%	0,2%	1,1%	2,4%	3,1%	2,0%	1,1%	0,4%	0,3%
<b>0,9</b>	2,9%	0,6%	2,3%	0,3%	1,2%	2,6%	2,2%	1,1%	0,3%	0,1%	-1,2%
<b>1</b>	2,7%	0,7%	-0,5%	0,2%	1,2%	2,6%	1,5%	0,4%	-0,2%	0,0%	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88:

Variación porcentual de cortante basal, edificio de 12 niveles con respecto al edificio de 4 niveles.

Inercia vigas/ Inercia Columna	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
<b>0,1</b>	9,0%	2,0%	-5,0%	-7,7%	-9,3%	-10,6%	-11,6%	-12,3%	-13,0%	-13,4%	-13,8%
<b>0,2</b>	10,3%	-0,8%	-5,2%	-6,5%	-7,6%	-9,0%	-10,3%	-12,5%	-11,4%	-8,1%	-5,5%
<b>0,3</b>	11,2%	-0,4%	-3,7%	-4,9%	-5,5%	-7,5%	-0,9%	5,6%	10,6%	12,2%	12,4%
<b>0,4</b>	11,4%	0,1%	-2,4%	-3,1%	-4,4%	3,1%	7,5%	8,7%	9,6%	10,4%	9,5%
<b>0,5</b>	11,7%	0,9%	-1,2%	-2,3%	-1,5%	4,7%	6,3%	7,4%	8,6%	9,4%	10,6%
<b>0,6</b>	11,7%	4,5%	-0,4%	-1,0%	1,9%	3,8%	5,4%	6,7%	7,4%	7,9%	8,7%
<b>0,7</b>	11,8%	2,1%	0,6%	0,0%	1,2%	2,0%	4,7%	5,4%	5,4%	6,4%	7,2%
<b>0,8</b>	11,8%	2,7%	1,4%	-0,7%	0,7%	2,8%	4,2%	3,5%	4,3%	5,3%	6,0%
<b>0,9</b>	11,7%	3,1%	2,0%	-1,2%	0,3%	2,4%	2,5%	2,1%	3,3%	4,2%	5,0%
<b>1</b>	11,7%	3,5%	1,1%	-1,5%	-0,1%	1,9%	1,1%	1,2%	2,4%	3,4%	4,2%

Fuente: Elaboración propia

En las tablas anteriores se muestra que no existen diferencias relevantes entre los niveles, quiere decir que independientemente de la cantidad de niveles que tenga el edificio el comportamiento es el mismo siempre y cuando se encuentre en el rango de 4 y 12 niveles.

Se puede observar que en la zona donde se tienen inercias menores en los elementos estructurales existe mayor diferencia entre los modelos, por ende, fue necesario indicar un rango de valores utilizados por las diferentes metodologías y códigos de diseño mencionados en este trabajo de investigación. Los símbolos positivos y negativos indican que tanto de más o menos tienen los modelos de 8 y 12 niveles con respecto al de 4 niveles. Realizar una variación en el momento de inercia en las zonas de rótula plástica en vigas y en toda la sección de columnas provoca prácticamente el mismo impacto independientemente de la cantidad de niveles que tenga la edificación, lo cual le da mayor utilidad en el campo del diseño estructural a este proyecto.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores máximos obtenidos dentro del cuadro punteado que enmarca el rango de factores de reducción utilizados por los códigos y metodologías de diseño consideradas para este trabajo:

Tabla 89:

Resumen de valores máximos de variación de derivas y cortante basal entre niveles, según el enfoque de diseño.

Derivas		
	CSCR-2010	ACI 318
Edificio de 8 niveles con respecto al edificio de 4 niveles	-3,80%	4,20%
Edificio de 12 niveles con respecto al edificio de 4 niveles	-8,40%	-4,40%
Cortante Basal		
Edificio de 8 niveles con respecto al edificio de 4 niveles	3,90%	2,60%
Edificio de 12 niveles con respecto al edificio de 4 niveles	3,80%	4,70%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior, en derivas se presentó un decremento para todos los casos excepto cuando se compara el edificio de 8 niveles con respecto al de 4 niveles donde se dio un incremento del 4.20 % con el enfoque de diseño del ACI 318. La diferencia más alta se presentó en la comparación del edificio de 12 niveles con respecto al de 4 niveles y fue de 8.40 %.

En el caso del cortante basal en todos los casos se presentó un incremento del parámetro siendo la diferencia más alta de 4.70 %, esta se dio en la comparación del edificio de 12 niveles con respecto al de 4 niveles con el enfoque de diseño del ACI 318. Todos los valores máximos obtenidos en cada caso se encuentran por debajo del 10 % permitido en este trabajo de investigación.



## Conclusiones

Para este trabajo de investigación se diseñaron 3 modelos con las mismas dimensiones, pero de 4, 8 y 12 niveles realizando un predimensionamiento de las secciones (vigas y columnas) con base en las características de las edificaciones. Se realizó la calibración de los modelos a partir de la variación de la inercia en las secciones en estudio (rótulas plásticas en vigas y toda la sección en las columnas) desde  $0.1 I_g$  hasta  $1.00 I_g$  para obtener la diferencia porcentual entre diferentes enfoques de diseño (CSCR, ACI 318 Y DDBD)

Se consideraron los criterios básicos relacionados con la longitud del claro y la altura del nivel para obtener una propuesta de sección transversal para vigas y columnas. Posteriormente se propone una densidad de acero para cada elemento estructural y se verifica si realmente el elemento tiene una capacidad mayor que la demanda a la que está siendo sometida.

Las estructuras fueron modeladas en dos dimensiones en el software SAP2000 en su versión estudiantil para realizar el análisis estructural de una manera simplificada. Las consideraciones de diseño se realizaron con base en lo estipulado por el CSCR-2010 (cargas y combinaciones para obtener la carga última de diseño, métodos de análisis y desplazamientos límite).

Se realiza el análisis sísmico de la estructura primaria tanto para el método estático como para el dinámico, el comportamiento de estas estructuras en ambos métodos fue el esperado, cumpliendo con los desplazamientos límite que indica el código para estructuras sismorresistente tipo marco. Al observar que no existe una diferencia relevante entre los métodos de análisis sísmico se contempló para la obtención de resultados de desplazamiento, cortante basal y periodo lo referido al método dinámico debido a su simplicidad al obtenerlo a través del software.

Se obtuvieron los parámetros de respuesta sísmica de la estructura al realizar la variación en su momento de inercia. El comportamiento fue el mismo para todos los modelos, periodos y deriva máxima mostrando una relación inversamente proporcional con la inercia, caso contrario sucedió con el cortante basal donde se muestra una relación directamente proporcional con la inercia.

Los porcentajes de variación obtenidos a partir de la comparación entre contemplar y no contemplar la zona de rótulas plásticas en el modelo anduvieron en su mayoría por debajo del 10 % lo cual indica que el comportamiento del modelo se mantenía independientemente de cómo se esté modelando la estructura. Seguido a esto se valoró qué diferencia tenía diseñar el tramo central con un factor de reducción de inercia de 0.5 (tal y como lo sugiere el código) y diseñar dicho tramo, pero sin contemplar ningún tipo de agrietamiento (caso que sucede cuando se trabaja con elementos pre-esforzados), en los resultados se concluye que el factor de reducción que se utilice en el tramo central de la viga no es relevante para definir el factor de reducción de la viga, sino que la zona crítica y bajo la cual se debe realizar la elección del factor de reducción es la zona de rótula plástica.

Se realizó una comparación de metodologías y códigos de diseño (CSCR-2010, ACI 318 y DDBD) a partir de porcentajes de variación de periodo, deriva máxima y cortante basal, donde se utilizó una escala de color en la cual la franja verde presenta los valores menores al 10 % de variación permitida para este trabajo de investigación. Se observa con claridad que el código del país es poco conservador en comparación al resto de metodologías en las cuales se contemplan factores de reducción menores en los elementos estructurales, contemplando así la condición más crítica de la estructura y la más cercana a la realidad.

El código contempla para las columnas que no existe agrietamiento al proponer utilizar la inercia completa de la estructura en el análisis, dicha situación hace que entonces el diseño que se hace actualmente en el país presente mayor rigidez que lo que realmente sucede en la estructura cuando es sometida a carga. Esta diferencia de diseño queda demostrada en la variación porcentual donde el código sísmico del país siempre estuvo por encima del 10 % cuando el enfoque de diseño era el ACI o el DDBD.

Con base en lo obtenido en estos resultados se considera que la propuesta del código es poco conservadora alejándose del comportamiento real de la estructura, en el país debería utilizarse valores de reducción de inercia menores a los que actualmente se proponen. Utilizar un factor de reducción de  $0.40 I_g$  y  $0.60 I_g$  (el mismo que considera el Código de Diseño de Nueva Zelanda), en los elementos en flexión y en flexocompresión, respectivamente, es una buena alternativa para mejorar los diseños y se acerca bastante a las propuestas de diseño que indican los códigos internacionales como el ACI y la metodología de diseño del DDBD.

## Recomendaciones

Realizar un diseño estructural de una edificación con base en la metodología del DDBD de manera rigurosa para observar la exactitud con la cual se obtienen los factores de reducción para cada elemento y el beneficio que esto puede presentar en un diseño.

Complementar este trabajo con un análisis de sensibilidad sísmica de estructuras de concreto armado mediante el análisis elástico no lineal (“push-over”)

Utilizar en el diseño factores de reducción de inercia más conservadores que los propuestos por el código, como los mencionados en este trabajo por los códigos internacionales.

Investigar acerca del comportamiento visto en las edificaciones de 8 y 12 niveles, específicamente en las columnas porque al realizarse una variación en la sección transversal de las mismas en el diseño propuesto se observó que cuando su inercia es del  $0.1I_g$  se muestra un desfase en la tendencia del comportamiento de la deriva máxima.

Evaluar la posibilidad de realizar un modelo experimental a escala donde se utilicen los factores de reducción de inercia propuestos.

Realizar una tesis de grado que complemente lo investigado en el presente documento con un esquema similar en la obtención de resultados, pero con otros sistemas sismorresistentes mencionados también en el CSCR-2010.

## Referencias bibliográficas

- American Institute Concrete ACI 318. (enero de 2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario*. Estados Unidos: Farmington Hills. Obtenido de [https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI\\_318-05\\_Espanhol.pdf](https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_318-05_Espanhol.pdf)
- Bazan, E., & Meli, R. (1985). *Diseño sísmico de edificios*. Mexico: Limusa.
- Camacho Sanchez, E. (23 de abril de 2010). Marco teórico del objeto de estudio. *Verificación de las limitaciones de altura y número de pisos al evaluar el efecto del sismo en estructuras tipo marco mediante el método estático del Código Sísmico de Costa Rica*. Heredia, Costa Rica.
- Camacho Sanchez, E. (23 de Abril de 2010). Verificación de las limitaciones de altura y número de pisos al evaluar el efecto del sismo en estructuras tipo marco mediante el método estático del Código Sísmico de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- CASIOPEA. (21 de enero de 2012). *Momento de inercia*. Obtenido de [http://wiki.ead.pucv.cl/Momento\\_de\\_Inercia](http://wiki.ead.pucv.cl/Momento_de_Inercia).
- Código Sísmico de Costa Rica. (2010). *Metodos de analisis y desplazamientos limite*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnologica de Costa Rica.
- Comisión Permanente de Estudio y Revisión del CSCR. (2017). *Breve historia del Código Sísmico*. Obtenido de Código Sísmico de Costa Rica: <http://www.codigosismico.or.cr/historia.htm>
- Curso de taller de artículos científicos. (4 de Julio de 2008). *Fuentes primarias y secundarias*. Obtenido de Curso de taller de artículos científicos: <https://es.slideshare.net/cursosan/fuentes-primarias-y-secundarias>
- Galvez Villacorta, A. (2007). *El analisis no lineal dinámico y sus aplicación en la simulación de respuestas estructurales*. Obtenido de Respuestas estructurales: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2007/11/ANLD-y-Respuestas-Estructurales.pdf>
- González Volio, A. (Septiembre de 2017). Calibración de la inercia agrietada para el análisis de estructuras de marcos de concreto reforzado mediante la evaluación del CSCR-2010 y normativas internacionales. San Pablo, Heredia, Costa Rica.
- Harmsen, T. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Kowalsky, M., Calvi, G. M., & Priestley, M. (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. IUSS Press.
- Martes Jiménez, C. J. (Febrero de 2014). *Calibración de umbrales de daño sísmico para el análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal ("Push-over")*. Cataluña, Barcelona, España.
- Medina, G. (1 de diciembre de 2013). *Investigación teórica*. Obtenido de Investigación pura o teórica: <https://es.slideshare.net/griseldamedinaramos/investigacin-pura-o-teorica>
- Paulay, T., & Priestley, M. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. Canada: Jhon Wiley and Sons, INC.

- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2012). *Definición de rigidez*. Obtenido de Definición.DE:  
<https://definicion.de/rigidez/>
- Perles, P. (2007). Diseño antisísmico. En *Temas de estructuras especiales* (págs. 77-100). Buenos Aires: nobuko.
- Priestley, M., Calvi, G. M., & Kowalsky, M. J. (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. Pavia, Italia: IUSS PRESS.
- Rivera Vargas, D., Terrón Herrera, J. G., & Arce León, C. (2006). *Estimación de la rigidez agrietada para el análisis sísmico en estructuras de concreto reforzado*. Obtenido de Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural:  
[http://www.smie.org.mx/SMIE\\_Articulos/co/co\\_18/te\\_01/ar\\_06.pdf](http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_18/te_01/ar_06.pdf)
- Shuttleworth, M. (9 de Agosto de 2008). *Variables de investigación*. Obtenido de Explorable:  
<https://explorable.com/es/variables-de-investigacion>

## Anexos

### Anexo A: Detalles constructivos de vigas y columnas para las estructuras de 4, 8 y 12 niveles.

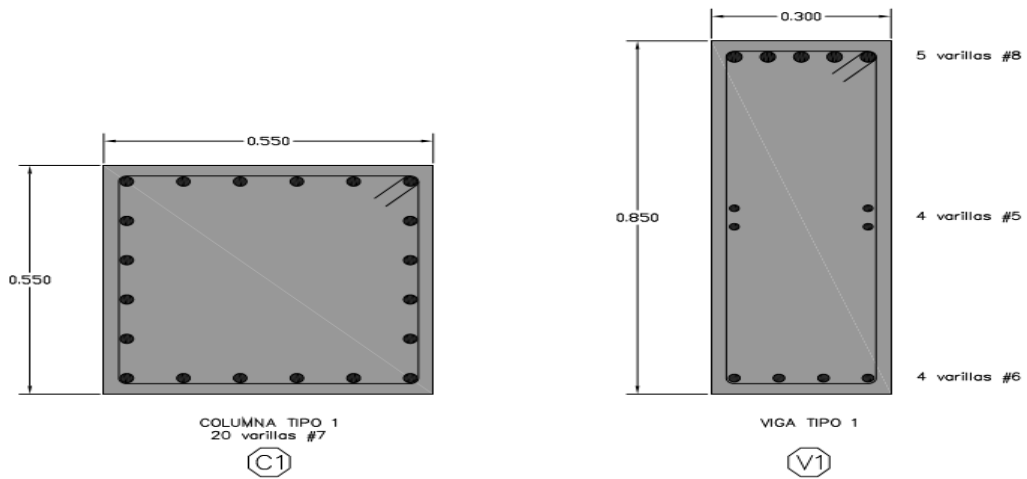


Figura A.1: Detalles constructivos para el edificio de 4 niveles

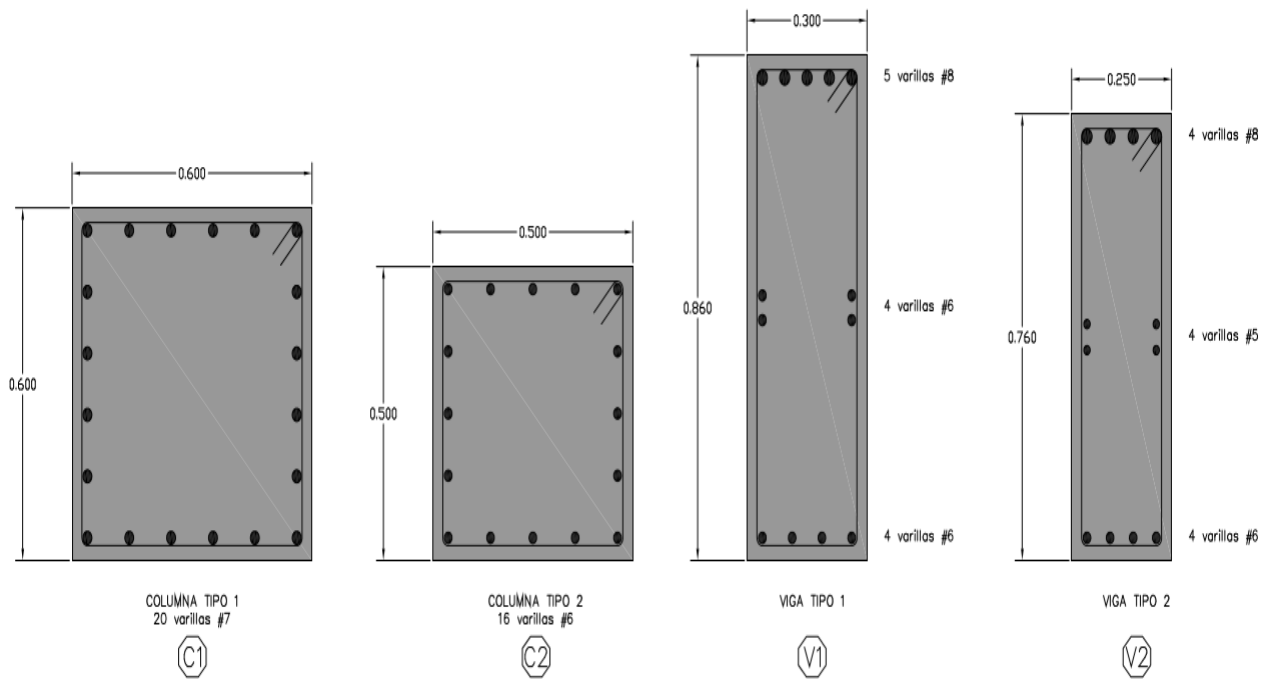


Figura A.2: Detalles constructivos para el edificio de 8 niveles

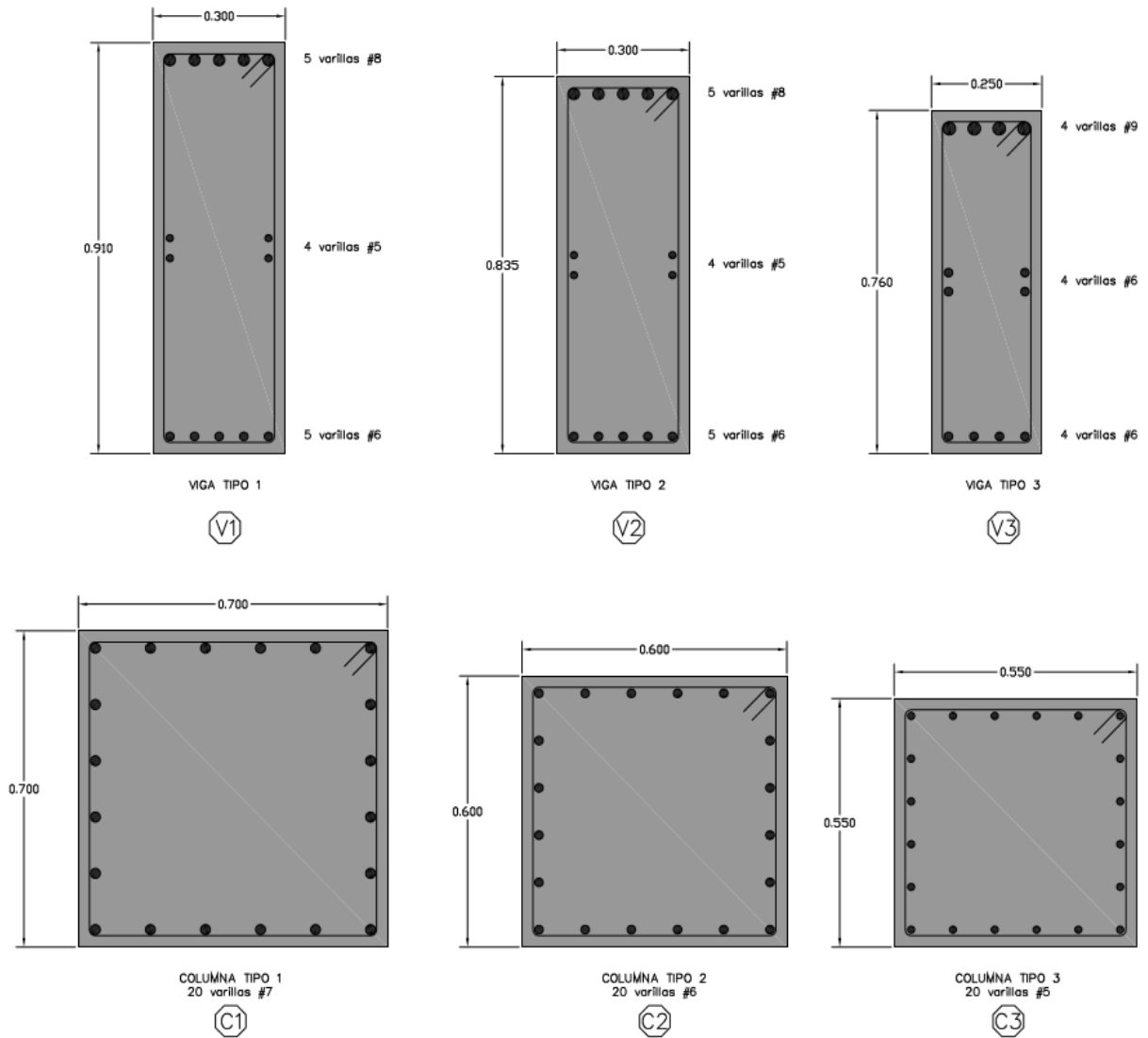


Figura A.3: Detalles constructivos para el edificio de 12 niveles

**Anexo B: Salidas del programa SAP de cortante basal y desplazamiento para los modelos de 4, 8 y 12 niveles.**

B.1: Modelo de 4 niveles

Tabla B-1:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.1

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	39156,4	45925,4	48727	49396,66	50337	51684,64	52622,2	53310,9	53838,62	54315,4	54703,52
Vb Nivel 2	33190,4	39051,4	41387,1	42103,28	42717,7	43844,78	44622,36	45191,86	45627,24	46024,6	46347,56
Vb Nivel 3	26984,3	31435,5	33230,7	33780,08	34243,2	35085,7	35668,42	36092,86	36415,88	36706,5	36942,02
Vb Nivel 4	18840,3	20864,1	21657,7	21892,7	22085	22446,48	22696,9	22875,96	23010,26	23130,7	23227,56
<b>V Basal</b>	<b>118171</b>	<b>137276</b>	<b>145003</b>	<b>147172,7</b>	<b>149383</b>	<b>153061,6</b>	<b>155609,9</b>	<b>157471,6</b>	<b>158892</b>	<b>160177</b>	<b>161220,7</b>

Tabla B-2:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.1

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0157	0,0151	0,0147	0,0146	0,0145	0,0144	0,0144	0,0144	0,0143	0,0143	0,0143
$\Delta N2$	0,0335	0,03	0,0282	0,0276	0,0272	0,0267	0,0263	0,0261	0,0259	0,0257	0,0256
$\Delta N3$	0,047	0,041	0,0381	0,0372	0,0365	0,0357	0,0351	0,0346	0,0343	0,034	0,0339
$\Delta N4$	0,0553	0,0475	0,0439	0,0427	0,0419	0,0408	0,0401	0,0395	0,0391	0,0388	0,0385

Tabla B-3:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.2

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	45202,46	53647,52	58528,44	60252,46	61644,04	64027,7	65719,7	66985,34	68140,42	69077,8	69845,18
Vb Nivel 2	38118,76	45519,28	50053,36	51619,76	52871,22	54997,98	56488,58	57593	58600,32	59413,48	60075,9
Vb Nivel 3	31164,16	36937,72	40054,02	41122,1	41971,58	43414,1	44418,58	45158,76	45836,6	46382,46	46825,88
Vb Nivel 4	22369,26	25209,72	26143,04	26471,3	26732,62	27200,68	27524,16	27760,74	27991,24	28177,38	28328,26
<b>V Basal</b>	<b>136854,64</b>	<b>161314,24</b>	<b>174778,86</b>	<b>179465,62</b>	<b>183219,46</b>	<b>189640,46</b>	<b>194151,02</b>	<b>197497,84</b>	<b>200568,58</b>	<b>203051,12</b>	<b>205075,22</b>



Tabla B-4:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.2

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0121	0,0111	0,0107	0,0106	0,0105	0,0104	0,0103	0,0102	0,0102	0,0102	0,0102
$\Delta N2$	0,0279	0,0237	0,0221	0,0216	0,0211	0,0206	0,0201	0,0198	0,0196	0,0194	0,0193
$\Delta N3$	0,0406	0,0334	0,0307	0,0298	0,0291	0,0281	0,0274	0,0269	0,0265	0,0262	0,0259
$\Delta N4$	0,049	0,0394	0,0358	0,0347	0,0337	0,0325	0,0316	0,0309	0,0304	0,0301	0,0297

Tabla B-5:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.3

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	48086,74	57503,2	63468,16	65624,74	67609,12	70707,3	73007,78	75235,86	76979,72	78383,08	79537,6
Vb Nivel 2	40246,4	49250,6	54805,9	56768,2	58560,32	61325,56	63353,44	65316,46	66830,58	68059,18	69056,26
Vb Nivel 3	32993,88	39616,6	43514,68	44879,62	46125,26	48038,46	49433,92	50791,82	51842,34	52679,64	53362,9
Vb Nivel 4	24404,76	26787,38	28078,82	28543,94	28986,46	29672,38	30175,72	30697,78	31101,74	31423,52	31685,88
V Basal	<b>145731,78</b>	<b>173157,78</b>	<b>189867,56</b>	<b>195816,5</b>	<b>201281,16</b>	<b>209743,7</b>	<b>215970,86</b>	<b>222041,92</b>	<b>226754,38</b>	<b>230545,42</b>	<b>233642,64</b>

Tabla B-6:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.3

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0103	0,0094	0,009	0,0089	0,0088	0,0087	0,0086	0,0085	0,0085	0,0085	0,0085
$\Delta N2$	0,025	0,0212	0,0195	0,019	0,0186	0,018	0,0175	0,0172	0,017	0,0169	0,0167
$\Delta N3$	0,0372	0,0305	0,0277	0,0267	0,026	0,025	0,0242	0,0238	0,0234	0,0231	0,0228
$\Delta N4$	0,0457	0,0364	0,0326	0,0314	0,0305	0,0291	0,0281	0,0275	0,0271	0,0266	0,0263

Tabla B-7:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.4

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	49716,48	59892,96	66620,66	69259,78	71385,34	75514,68	78617,8	80976,52	82833,34	84334,88	89575,24
Vb Nivel 2	41364,62	51577,7	57878,26	60294,68	62218,14	65932,64	68688,46	70760,94	72378,6	73677,56	74744,3
Vb Nivel 3	33869,74	41329,38	45808,14	47512,8	48862,36	51474,36	53402,72	54845,54	55966,76	56863,64	57597,74
Vb Nivel 4	25578,68	27849,82	29404,28	30025,8	30518,64	31532,28	32288,56	32854,58	33293,96	33644,86	33931,52
V Basal	150529,52	180649,86	199711,34	207093,06	212984,48	224453,96	232997,54	239437,58	244472,66	248520,94	255848,8

Tabla B-8:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.4

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0092	0,0084	0,008	0,0079	0,0078	0,0077	0,0076	0,0076	0,0075	0,0075	0,0074
$\Delta N2$	0,023	0,0196	0,018	0,0175	0,017	0,0165	0,0161	0,0158	0,0155	0,0153	0,0151
$\Delta N3$	0,0348	0,0287	0,0259	0,025	0,0242	0,0233	0,0226	0,022	0,0216	0,0212	0,0208
$\Delta N4$	0,0435	0,0346	0,0308	0,0296	0,0286	0,0274	0,0264	0,0257	0,0251	0,0246	0,0241

Tabla B-9:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.5

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	51124,98	61659,24	68959,24	71738,98	74601,7	78968,48	82155,16	84590,98	86517,4	88081,34	89377,56
Vb Nivel 2	42671,24	53243,58	60168,68	62725,6	65341,48	69278,2	72110,32	74251,52	75930	77282,6	78396,72
Vb Nivel 3	34753,52	42577,56	47548,2	49366,08	51228,48	54014,44	56004,78	57500,86	58667,88	59604,38	60372,88
Vb Nivel 4	26228,76	28674,6	30435,24	31108,78	31839,86	32939,34	33726,82	34318,64	34779,62	35148,8	35451,08
V Basal	154778,5	186154,98	207111,36	214939,44	223011,52	235200,46	243997,08	250662	255894,9	260117,12	263598,24

Tabla B-10:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.5

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0085	0,0077	0,0073	0,0072	0,0071	0,007	0,0069	0,0069	0,0068	0,0067	0,0067
$\Delta N2$	0,0217	0,0185	0,017	0,0164	0,0161	0,0156	0,0151	0,0147	0,0144	0,0141	0,0139
$\Delta N3$	0,0334	0,0275	0,0247	0,0238	0,0232	0,0222	0,0214	0,0207	0,0202	0,0197	0,0194
$\Delta N4$	0,0423	0,0335	0,0297	0,0284	0,0276	0,0262	0,0251	0,0243	0,0236	0,023	0,0226

Tabla B-11:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.6

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	52230,66	63051,3	70548,86	74031,3	76910,04	81366,96	84599,1	87080,7	89276,58	91849,66	93986,5
Vb Nivel 2	43685,38	54603,58	61698,44	64926,1	67563,78	71631,44	74510,52	76695,74	78621,64	80895,78	82773,28
Vb Nivel 3	35437,78	43613,3	48738,2	51057,42	52943,14	55835,78	57865,42	59396	60745,48	62358,06	63685,76
Vb Nivel 4	26753,6	29356,4	31194,9	32099,74	32842,94	33985,3	34790,46	35397,72	35945,42	36641,26	37215,2
V Basal	<b>158107,42</b>	<b>190624,58</b>	<b>212180,4</b>	<b>222114,56</b>	<b>230259,9</b>	<b>242819,48</b>	<b>251765,5</b>	<b>258570,16</b>	<b>264589,12</b>	<b>271744,76</b>	<b>277660,74</b>

Tabla B-12:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.6

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0079	0,0072	0,0068	0,0067	0,0067	0,0065	0,0064	0,0063	0,0062	0,0062	0,0062
$\Delta N2$	0,0206	0,0176	0,0161	0,0158	0,0154	0,0148	0,0143	0,0139	0,0136	0,0134	0,0133
$\Delta N3$	0,0322	0,0265	0,0238	0,023	0,0224	0,0213	0,0204	0,0197	0,0192	0,0189	0,0187
$\Delta N4$	0,0412	0,0326	0,0287	0,0277	0,0268	0,0253	0,0241	0,0232	0,0225	0,0222	0,0219

Tabla B-13:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.7

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	53246,14	64137,9	72276,28	75799,06	78671,9	83093,42	86352,9	89425,24	92633,58	95250,38	97428,22
Vb Nivel 2	44620,84	55663,56	63397,08	66670,28	69308,22	73314,06	76224,78	78989,02	81848,48	84162,76	86077,16
Vb Nivel 3	36075,14	44430,66	50058,64	52421,08	54313,18	57165,34	59220,86	61180,28	63220	64864,74	66221,08
Vb Nivel 4	27226,28	29918,22	31983,82	32909,52	33655,58	34785,6	35602	36409,68	37290,38	38003,38	38592,38
V Basal	161168,4	194150,34	217715,82	227799,94	235948,88	248358,42	257400,54	266004,22	274992,44	282281,26	288318,84

Tabla B-14:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.7

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0074	0,0068	0,0065	0,0064	0,0063	0,0061	0,006	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
$\Delta N2$	0,0197	0,0169	0,0156	0,0152	0,0148	0,0141	0,0136	0,0133	0,0131	0,0129	0,0128
$\Delta N3$	0,0312	0,0257	0,0232	0,0224	0,0217	0,0205	0,0196	0,019	0,0187	0,0184	0,0181
$\Delta N4$	0,0404	0,0319	0,0282	0,0271	0,0261	0,0245	0,0233	0,0225	0,022	0,0216	0,0212

Tabla B-15:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.8

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	54147,72	65216,74	73700,34	77194,42	80052,06	84465,72	87892,28	91951,62	95189,72	97837,22	100076,32
Vb Nivel 2	45451,58	56713	64800,94	68054,8	70684,76	74692,54	77764,5	81415,48	84302,86	86646,96	88642,56
Vb Nivel 3	36643	45242,34	51163,62	53519,92	55411,44	58270,94	60448,7	63067,56	65129,84	66797,88	68214,66
Vb Nivel 4	27644,24	30460,4	32659,94	33582,46	34327,14	35457,74	36330,22	37462,44	38357,58	39083,22	39698,22
V Basal	163886,54	197632,48	222324,84	232351,6	240475,4	252886,94	262435,7	273897,1	282980	290365,28	296631,76

Tabla B-16:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.8

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0071	0,0064	0,0062	0,0061	0,006	0,0058	0,0057	0,0057	0,0056	0,0056	0,0056
$\Delta N2$	0,019	0,0164	0,0151	0,0147	0,0143	0,0136	0,0131	0,0129	0,0127	0,0125	0,0123
$\Delta N3$	0,0304	0,0251	0,0226	0,0218	0,0211	0,0199	0,019	0,0186	0,0182	0,0179	0,0176
$\Delta N4$	0,0397	0,0314	0,0277	0,0266	0,0256	0,0239	0,0227	0,0221	0,0216	0,0211	0,0207

Tabla B-17:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.9

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	54933,88	66148,48	74874,9	78334,98	81171,96	85567,04	89937,68	94006,54	97259,48	99924,18	102149,76
Vb Nivel 2	46174,36	57617,56	65961,82	69191,28	71808,2	75808,2	79764,36	83427,58	86331,22	88692,94	90653,64
Vb Nivel 3	37136,26	45947	52088,48	54434,06	56320,62	59179,6	62018,56	64650,46	66727	68409,36	69801,3
Vb Nivel 4	28009,66	30940,8	33241,82	34158,26	34898,88	36025,48	37215,76	38355,4	39257,72	39990,2	40596,88
V Basal	166254,16	200653,84	226167,02	236118,58	244199,66	256580,32	268936,36	280439,98	289575,42	297016,68	303201,58

Tabla B-18:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.9

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0068	0,0062	0,0059	0,0058	0,0057	0,0055	0,0055	0,0054	0,0054	0,0054	0,0053
$\Delta N2$	0,0184	0,0159	0,0147	0,0142	0,0138	0,0132	0,0128	0,0125	0,0123	0,0121	0,0119
$\Delta N3$	0,0297	0,0245	0,0222	0,0213	0,0206	0,0194	0,0187	0,0182	0,0178	0,0174	0,0171
$\Delta N4$	0,0391	0,0309	0,0273	0,0261	0,0251	0,0234	0,0224	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202

Tabla B-19:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 1.0

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	55630,46	66953,72	75869,5	79292,82	82105,86	86475,58	91629,1	95697,58	98956,1	101629,9	103866,36
Vb Nivel 2	46815,36	58397,7	66946,48	70148,68	72749,28	76735,06	81428,18	85095,24	88007,44	90380,14	92352,76
Vb Nivel 3	37572,96	46558,4	52881,22	55213,32	57092,16	59945,46	63339,84	65977,92	68062,52	69753,88	71155,08
Vb Nivel 4	28333,26	31367,48	33753,24	34661,86	35396,84	36516,52	37975,36	39118	40023,04	40758,56	41368,48
V Basal	168352,04	203277,3	229450,44	239316,68	247344,14	259672,62	274372,48	285888,74	295049,1	302522,48	308742,68

Tabla B-20:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 1.0

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0065	0,0059	0,0057	0,0056	0,0055	0,0053	0,0053	0,0052	0,0052	0,0052	0,0051
$\Delta N2$	0,0178	0,0154	0,0143	0,0139	0,0135	0,0128	0,0125	0,0122	0,012	0,0118	0,0116
$\Delta N3$	0,029	0,024	0,0218	0,0209	0,0202	0,0189	0,0184	0,0179	0,0174	0,017	0,0167
$\Delta N4$	0,0385	0,0305	0,027	0,0257	0,0247	0,0229	0,0221	0,0214	0,0208	0,0203	0,0198

## B.2 Modelo de 8 niveles

Tabla B-21:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.1

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	32969,44	42842,68	46005,04	47015,6	47844,16	49086,56	49982,44	50651,54	51170,48	51580,78	51913,52
Vb Nivel 2	29367,52	39189,64	44241,44	43123,38	43898,16	45060,22	45899,02	46521,34	47001,64	47380,7	47687,64
Vb Nivel 3	26834,5	35949,94	38643,82	39483,78	40177,1	41217,8	41969,88	42521,92	42944,56	43277,62	43546,9
Vb Nivel 4	24170,34	32344,9	34714,04	35444,1	36047,52	36952,88	37607,34	38083,96	38446,74	38732,24	38962,78
Vb Nivel 5	21738,2	28856,04	30996,34	31663,66	32214,48	33042,2	33641,06	34081,86	34420,04	34686,82	34902,76
Vb Nivel 6	19586,74	25378,18	27241,4	27840,22	28329,44	29060,9	29586,74	29980,86	30287,12	30528,94	30724,8
Vb Nivel 7	16418,46	20512,04	21950,52	22421,22	22802,18	23369,66	23775,64	24085,08	24328,5	24521,08	24677,32
Vb Nivel 8	12311,28	14273,04	15019,28	15267,22	15464,72	15755,52	15960,76	16117,48	16240,82	16338,14	16417
V Basal	183396,48	239346,46	258811,88	262259,18	266777,76	273545,74	278422,88	282044,04	284839,9	287046,32	288832,72

Tabla B-22:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.1

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0116	0,0124	0,0121	0,012	0,0119	0,0118	0,0118	0,0117	0,0117	0,0116	0,0116
$\Delta N2$	0,0276	0,0276	0,0261	0,0256	0,0252	0,0247	0,0243	0,024	0,0238	0,0236	0,0235
$\Delta N3$	0,042	0,0414	0,0387	0,0378	0,0371	0,0361	0,0354	0,0349	0,0345	0,0342	0,034
$\Delta N4$	0,0547	0,0534	0,0496	0,0483	0,0474	0,046	0,0451	0,0444	0,0438	0,0434	0,043
$\Delta N5$	0,0705	0,0701	0,0656	0,064	0,0629	0,0613	0,0601	0,0593	0,0586	0,0581	0,0577
$\Delta N6$	0,0854	0,0855	0,08	0,0782	0,0768	0,0749	0,0736	0,0726	0,0718	0,0711	0,0706
$\Delta N7$	0,0969	0,0969	0,0908	0,0888	0,0873	0,0851	0,0836	0,0825	0,0816	0,0809	0,0803
$\Delta N8$	0,1038	0,1035	0,0969	0,0948	0,0932	0,0909	0,0893	0,0881	0,0872	0,0864	0,0858

Tabla B-23:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.2

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	40964,82	50585,4	55434,2	57238,28	58865,92	61418,96	63210,8	64539,76	65571,64	66393,6	67064,1
Vb Nivel 2	36798,6	46353,92	51042,18	52778,12	54342,98	56787,32	58491,52	59749,84	60719,78	61489,88	62116,46
Vb Nivel 3	33776,62	42410,72	46502	48020,4	49409,36	51586,6	53099,94	54214,62	55070,98	55749,7	56301,04
Vb Nivel 4	30778,82	38342,96	41886,3	43192,92	44405,8	46317,14	47642,74	48616,48	49367,58	49962	50444,18
Vb Nivel 5	27394,68	34193,28	37478,58	38687,58	39801,76	41557,1	42780,42	43682,2	44381,94	44937,3	45388,82
Vb Nivel 6	24354,76	30092,18	32938	34001,88	34958,7	36452,2	37498,26	38273,04	38870,8	39346,24	39733,58
Vb Nivel 7	20046,28	24458,38	26780,1	27641,74	28396,06	29567	30389,4	30999,1	31476,68	31857,42	32168,08
Vb Nivel 8	15125,36	17161,48	18284,64	18696,56	19058,86	19628,92	20031,08	20328,84	20570,74	20764,14	20922,14
V Basal	229239,94	283598,32	310346	320257,48	329239,44	343315,24	353144,16	360403,88	366030,14	370500,28	374138,4



Tabla B-24:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.2

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0098	0,0093	0,0089	0,0088	0,0087	0,0087	0,0086	0,0085	0,0085	0,0084	0,0084
$\Delta N2$	0,0254	0,0224	0,0207	0,0201	0,0198	0,0192	0,0188	0,0185	0,0182	0,018	0,0178
$\Delta N3$	0,0406	0,0346	0,0314	0,0304	0,0298	0,0287	0,028	0,0274	0,0269	0,0265	0,0261
$\Delta N4$	0,0544	0,0454	0,0408	0,0394	0,0384	0,037	0,0359	0,0351	0,0344	0,0338	0,0334
$\Delta N5$	0,0704	0,0592	0,0535	0,0517	0,0506	0,0489	0,0475	0,0465	0,0457	0,045	0,0445
$\Delta N6$	0,0855	0,0721	0,0652	0,0632	0,0618	0,0598	0,0582	0,057	0,0561	0,0553	0,0546
$\Delta N7$	0,0971	0,0819	0,0741	0,0718	0,0702	0,068	0,0663	0,0649	0,0638	0,063	0,0622
$\Delta N8$	0,1043	0,0876	0,0793	0,0768	0,0751	0,0727	0,0709	0,0694	0,0683	0,0673	0,0666

Tabla B-25:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.3

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	44137,58	54252,3	60829,2	63212,16	65095,02	67988,52	70118,12	71858,4	73705,86	75186,54	76400,62
Vb Nivel 2	39867,46	49825,68	56220,64	58518,28	60323,82	63062,46	65069,94	66716,64	68496,18	69916,56	71077,22
Vb Nivel 3	36526,82	45351,72	51075,78	53141,24	54760,12	57169,14	58892,54	60320,16	61918,06	63190,4	64227,94
Vb Nivel 4	33239,74	41076,72	46093,38	47920,24	49349,2	51444,14	52867,22	54051,14	55421,3	56512,16	57401,5
Vb Nivel 5	29611,6	36742,54	41312,72	42974,44	44278,62	46222,22	47561,92	48664,9	49902,64	50890,5	51697,54
Vb Nivel 6	26234,84	32274,86	36180,5	37576,76	38677,9	40385,5	41686,02	42742,8	43846,52	44728,7	45450,4
Vb Nivel 7	21688,3	26519,38	29604,58	30698,24	31562,54	32943,82	33990,4	34819,26	35637,46	36294,08	36833,12
Vb Nivel 8	16444,78	18678,28	20171,98	20717,78	21150,44	21853,1	22328,08	22693,56	23052,6	23343,3	23583,64
V Basal	247751,12	304721,48	341488,78	354759,14	365197,66	381068,9	392514,24	401866,86	411980,62	420062,24	426671,98



Tabla B-26:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.3

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0086	0,0079	0,0076	0,0075	0,0074	0,0072	0,0071	0,007	0,007	0,007	0,007
$\Delta N2$	0,0235	0,02	0,0185	0,018	0,0175	0,0168	0,0163	0,0159	0,0157	0,0155	0,0154
$\Delta N3$	0,0385	0,0315	0,0286	0,0277	0,0268	0,0255	0,0246	0,0239	0,0235	0,0232	0,0229
$\Delta N4$	0,0525	0,0419	0,0376	0,0362	0,035	0,0331	0,0318	0,0308	0,0302	0,0298	0,0294
$\Delta N5$	0,0681	0,0544	0,0491	0,0473	0,0459	0,0436	0,0418	0,0406	0,04	0,0394	0,039
$\Delta N6$	0,0829	0,0662	0,0599	0,0578	0,0561	0,0533	0,0513	0,0498	0,0491	0,0485	0,0479
$\Delta N7$	0,0944	0,0753	0,0681	0,0658	0,0638	0,0607	0,0584	0,0568	0,056	0,0553	0,0547
$\Delta N8$	0,1017	0,0808	0,073	0,0705	0,0683	0,065	0,0625	0,0608	0,0599	0,0592	0,0586

Tabla B-27:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.4

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	45880,12	56686,02	64016,84	66662,72	68731,66	72148,48	75495,5	72257,58	79994,16	81583,1	82890,4
Vb Nivel 2	41464,1	52192,06	59345,78	61851,68	63845,02	67128,26	70379,16	72814,22	74709,12	76227,18	77471,54
Vb Nivel 3	37764,08	48014,48	53905,16	56076,8	57820,16	60708,1	63651,58	65846,8	67549,06	68908,72	70020,36
Vb Nivel 4	34453,06	42865,78	48604,86	50611,52	52047,08	54452,66	56983,5	58871	60334,04	61501,96	62456,22
Vb Nivel 5	30764,86	38450,42	43644,7	45414,12	46738,74	48947,5	51215,34	52913,28	54233,58	55290,4	56155,88
Vb Nivel 6	27180,8	33758	38114,72	39642,4	40929,92	43028,52	45040,46	46550,68	49527,88	48672,3	49447,34
Vb Nivel 7	22631,1	27964,46	31347,16	32512,74	33524,72	35151,9	36632,94	37751,8	38628,64	39335,28	39917,46
Vb Nivel 8	17271,68	19811,34	21462,08	21993,1	22421,44	23121,12	23762,64	24254,92	24645,3	24962,84	25226,4
V Basal	257409,8	319742,56	360441,3	374765,08	386058,74	404686,54	423161,12	431260,28	449621,78	456481,78	463585,6

Tabla B-28:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.4

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δ N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ N1	0,0078	0,0071	0,0068	0,0067	0,0066	0,0064	0,0064	0,0063	0,0063	0,0062	0,0062
Δ N2	0,0218	0,0186	0,0171	0,0165	0,0161	0,0154	0,015	0,0147	0,0144	0,0142	0,014
Δ N3	0,0365	0,0298	0,0269	0,0258	0,0249	0,0236	0,0229	0,0223	0,0218	0,0214	0,021
Δ N4	0,0503	0,0399	0,0357	0,0341	0,0328	0,0309	0,0299	0,029	0,0283	0,0277	0,0272
Δ N5	0,0655	0,0519	0,0465	0,0445	0,0428	0,0404	0,0392	0,0382	0,0373	0,0366	0,036
Δ N6	0,0798	0,0632	0,0567	0,0543	0,0523	0,0495	0,0481	0,0469	0,0459	0,045	0,0443
Δ N7	0,0911	0,0719	0,0646	0,0619	0,0596	0,0564	0,0548	0,0535	0,0523	0,0514	0,0506
Δ N8	0,0986	0,0773	0,0693	0,0664	0,0639	0,0605	0,0587	0,0573	0,0561	0,0551	0,0542

Tabla B-29:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.5

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	47253,46	58635,6	66224,66	68857,34	70971,52	75757,58	79221,36	81845,72	83907	85571,24	86944,44
Vb Nivel 2	42677,66	54024	61506,54	64063,96	66100,34	70781,06	74138,4	76664,4	78637,22	80222,56	81525,42
Vb Nivel 3	42639,86	48939,28	55776,22	58036,54	59824,38	64094,36	67139,34	69419,24	71192,74	72613	73776,74
Vb Nivel 4	35337,74	44331,82	50269,76	52133,34	53606,22	57284,24	59908,1	61871,76	63398,14	64619,46	65619,36
Vb Nivel 5	31651,22	39807,3	45134,98	46844,02	48203,56	51485,5	53838,64	55606,92	56986,04	58092,64	59000,7
Vb Nivel 6	27880,36	34855,7	39470,84	41124	42442,86	45341,34	47424,62	48995,04	50223,46	51211,82	52024,94
Vb Nivel 7	23375,68	29023,62	32529,14	33821,54	34857,16	36975,02	38508,4	39671,94	40587,26	41327,36	41938,88
Vb Nivel 8	18014,3	20707,98	22267,38	22803,48	23240,74	24141,12	24807,46	25321,18	25730,24	26064,24	26342,42
V Basal	268830,28	330325,3	373179,52	387684,22	399246,78	425860,22	444986,32	459396,2	470662,1	479722,32	487172,9

Tabla B-30:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.5

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0072	0,0065	0,0062	0,0061	0,006	0,0059	0,0058	0,0057	0,0057	0,0056	0,0056
$\Delta N2$	0,0206	0,0176	0,0161	0,0155	0,015	0,0145	0,0141	0,0137	0,0134	0,0132	0,0129
$\Delta N3$	0,0349	0,0286	0,0256	0,0245	0,0236	0,0226	0,0218	0,0211	0,0205	0,0201	0,0197
$\Delta N4$	0,0487	0,0387	0,0343	0,0326	0,0312	0,0298	0,0286	0,0276	0,0268	0,0261	0,0255
$\Delta N5$	0,0635	0,0502	0,0446	0,0424	0,0406	0,0389	0,0375	0,0363	0,0353	0,0344	0,0337
$\Delta N6$	0,0775	0,0612	0,0544	0,0519	0,0497	0,0477	0,046	0,0445	0,0434	0,0424	0,0415
$\Delta N7$	0,0887	0,0698	0,062	0,0591	0,0567	0,0544	0,0525	0,0509	0,0495	0,0484	0,0475
$\Delta N8$	0,0963	0,0752	0,0667	0,0635	0,0609	0,0584	0,0563	0,0546	0,0531	0,052	0,051

Tabla B-31:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.6

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	48404,82	60254,12	67873,72	70522,06	73515,08	78391,88	81926,38	84614,74	86733,06	88489,46	90009,66
Vb Nivel 2	43690,16	55543,9	63124,2	65702,36	68646,96	73419,84	76847,4	79435,94	81463,86	83129,5	84553,18
Vb Nivel 3	39344,26	50205,54	57145,96	59434	62127,04	66492,76	69607,08	71946,6	73771,34	75248,94	76483,12
Vb Nivel 4	36036,78	45554,8	51424,38	53313,38	55622,5	59390,02	62076,48	64092,74	65663,64	66923,3	67956,64
Vb Nivel 5	32373,36	40941,72	46175,4	47900,36	49956,56	53311,44	55717	57530,34	58948,16	60096,9	61055,18
Vb Nivel 6	28452,08	35750,66	40523	42188,48	44021,54	46978,02	49105,82	50715,74	51978,9	53028,44	53942,74
Vb Nivel 7	23983	29873,58	33469,7	34771,62	36117,94	38276,46	39842,22	41034,9	41976,28	42780	43510,38
Vb Nivel 8	18646,26	21459,9	22887,34	23423,76	23983,74	24899,32	25578,38	26104,14	26524,44	26894,48	27244,82
V Basal	270930,72	339584,22	382623,7	397256,02	413991,36	441159,74	460700,76	475475,14	487059,68	496591,02	504755,72

Tabla B-32:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.6

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0067	0,0061	0,0058	0,0057	0,0056	0,0055	0,0054	0,0053	0,0053	0,0052	0,0051
$\Delta N2$	0,0196	0,0168	0,0153	0,0147	0,0144	0,0139	0,0134	0,013	0,0127	0,0124	0,0121
$\Delta N3$	0,0336	0,0277	0,0247	0,0235	0,0229	0,0218	0,0209	0,0202	0,0196	0,019	0,0186
$\Delta N4$	0,0473	0,0377	0,0332	0,0315	0,0305	0,0289	0,0276	0,0265	0,0256	0,0249	0,0243
$\Delta N5$	0,0619	0,0491	0,0431	0,0409	0,0397	0,0377	0,0361	0,0348	0,0337	0,0328	0,032
$\Delta N6$	0,0757	0,0599	0,0527	0,05	0,0485	0,0462	0,0443	0,0427	0,0414	0,0404	0,0394
$\Delta N7$	0,0868	0,0683	0,0601	0,057	0,0554	0,0527	0,0506	0,0488	0,0474	0,0462	0,0451
$\Delta N8$	0,0946	0,0738	0,0647	0,0614	0,0595	0,0567	0,0543	0,0524	0,0509	0,0496	0,0485

Tabla B-33:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.7

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	49166,34	61459,06	69134,7	72206,54	75360,68	80359,6	83939,18	86670,78	88955,94	90832,22	92389,54
Vb Nivel 2	44565,36	56703,52	64360,3	67381,52	70577,18	75395,82	78870,3	81502,72	83669,18	85435,2	86894,06
Vb Nivel 3	39822,94	51183,94	58188,52	60925,98	63875,04	68292,38	71454,86	73837,24	75740,74	77278,4	78543,48
Vb Nivel 4	36510,18	46450,66	52299,18	54605,26	57153,7	60970,84	63701,22	65755,54	67360,34	68649,16	69707,44
Vb Nivel 5	33022,84	41756,98	46961,2	49029,76	51283,26	54676,54	57117,68	58962,68	60434,7	61624,66	62604,48
Vb Nivel 6	28792,6	36443,62	41323,22	43239,72	45217	48202,98	50360,26	51997,52	53379,66	54511,84	55447,42
Vb Nivel 7	24275,9	30490	34203	35654,92	37088,32	39266,42	40852,3	42064,22	43148,66	44049,4	44797,28
Vb Nivel 8	19177,18	21972	23395,38	23987,16	24579,4	25498,84	26183,38	26715,34	27222,1	22142,1	28009,46
V Basal	275333,34	346459,78	389865,5	407030,86	425134,58	452663,42	472479,18	487506,04	499911,32	504522,98	518393,16

Tabla B-34:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.7

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0063	0,0058	0,0055	0,0054	0,0053	0,0052	0,0051	0,005	0,0049	0,0049	0,0048
$\Delta N2$	0,0188	0,0162	0,0147	0,0142	0,0139	0,0133	0,0128	0,0124	0,0121	0,0118	0,0115
$\Delta N3$	0,0326	0,0269	0,0239	0,0229	0,0223	0,0211	0,0202	0,0194	0,0188	0,0182	0,0178
$\Delta N4$	0,0461	0,0369	0,0323	0,0308	0,0298	0,0281	0,0267	0,0256	0,0247	0,0239	0,0233
$\Delta N5$	0,0605	0,0481	0,042	0,04	0,0388	0,0367	0,035	0,0336	0,0324	0,0315	0,0306
$\Delta N6$	0,0742	0,0587	0,0513	0,0489	0,0475	0,045	0,0429	0,0413	0,0399	0,0388	0,0378
$\Delta N7$	0,0852	0,0671	0,0586	0,0559	0,0543	0,0514	0,0491	0,0472	0,0457	0,0444	0,0433
$\Delta N8$	0,0933	0,0727	0,0632	0,0602	0,0584	0,0553	0,0528	0,0507	0,0491	0,0477	0,0465

Tabla B-35:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.8

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	50122,18	62197,78	70145,24	73718,86	76956,72	81896,82	85504,64	88402,54	90742,8	92648,8	94592,12
Vb Nivel 2	45393,36	57603,66	65349,64	68894,92	72097,54	76942,04	80447,62	83218,68	85435,32	87230,68	89084,02
Vb Nivel 3	40362,78	51883,7	59019,06	62289,06	65251,94	69702,52	72898,68	75357,9	77298,98	78863,5	80516,4
Vb Nivel 4	37045,04	47039,06	52992,24	55794,94	58359,34	62209,8	64971,62	67055,4	68685,4	69996,26	71412,94
Vb Nivel 5	33601,1	42368,02	47582,06	50061,4	52325,14	55742,38	58207,84	60103,46	61600,54	62808,64	64092,08
Vb Nivel 6	29242,08	36884,32	41959,46	44174,58	46157,46	49160,4	51337,06	53095,68	54514,08	55663,58	56824,58
Vb Nivel 7	24759,2	30786,54	34800,12	36429,56	37865,96	40054,22	41652,54	43014,22	44136,54	45050,8	45934,72
Vb Nivel 8	19724,28	22282,76	23827	24484,68	25074,44	25992,14	26677,72	27300,04	27827,36	28261,36	28678,58
V Basal	280250,02	351045,84	395674,82	415848	434088,54	461700,32	481697,72	497547,92	510241,02	520523,62	531135,44

Tabla B-36:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.8

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δ N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ N1	0,006	0,0055	0,0052	0,0051	0,0051	0,0049	0,0048	0,0047	0,0047	0,0046	0,0045
Δ N2	0,0181	0,0156	0,0142	0,0138	0,0134	0,0128	0,0123	0,0119	0,0116	0,0113	0,0111
Δ N3	0,0316	0,0262	0,0232	0,0224	0,0217	0,0205	0,0196	0,0188	0,0181	0,0176	0,0172
Δ N4	0,0451	0,0362	0,0316	0,0303	0,0293	0,0275	0,0261	0,0249	0,024	0,0232	0,0226
Δ N5	0,0594	0,0473	0,041	0,0394	0,0381	0,0359	0,0341	0,0326	0,0314	0,0304	0,0297
Δ N6	0,0728	0,0578	0,0502	0,0482	0,0467	0,044	0,0418	0,0401	0,0387	0,0375	0,0366
Δ N7	0,0839	0,0661	0,0573	0,0551	0,0533	0,0503	0,0479	0,0459	0,0443	0,0429	0,042
Δ N8	0,0921	0,0717	0,062	0,0594	0,0575	0,0542	0,0515	0,0494	0,0476	0,0462	0,0452

Tabla B-37:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.9

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	51090,98	63057,4	65806,74	74958,22	78191,5	83138,4	86840,26	89811,66	92174	94466,98	96578,4
Vb Nivel 2	46229,54	58442,8	66148,36	70134,84	73336,38	78193	81780,24	84616,04	86855,94	89045,56	85066,26
Vb Nivel 3	40898,48	52573	59628,34	63404,32	66373,3	70844,1	74090,26	76591,32	78555,02	80509,54	82326,92
Vb Nivel 4	37562,78	47616,38	53478,78	56766,54	59339,88	63212,14	65997,14	68102,5	69751,54	71424,76	72994,2
Vb Nivel 5	34172,46	42892,58	48085,48	50902,82	53170,9	56602,36	59099,8	61021,74	62533,52	64046,28	65457,1
Vb Nivel 6	29693,64	37406,42	42381,18	44939,12	46922,68	49934,18	52181,58	53992,58	55424,1	56800,02	58059,96
Vb Nivel 7	25249,24	31263,84	35157,24	37073,04	38508,62	40700,34	42384,26	43807,64	44939,36	45993,68	46945,86
Vb Nivel 8	20276,3	22653,86	24154	24913,82	25499,14	26411,58	27145,78	27803,42	28333,3	28826,6	29273,7
V Basal	285173,42	355906,28	394840,12	423092,72	441342,4	469036,1	489519,32	505746,9	518566,78	531113,42	536702,4



Tabla B-38:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.9

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0058	0,0053	0,005	0,0049	0,0049	0,0047	0,0046	0,0045	0,0044	0,0044	0,0043
$\Delta N2$	0,0175	0,0151	0,0137	0,0134	0,0131	0,0124	0,0119	0,0115	0,0112	0,0109	0,0107
$\Delta N3$	0,0309	0,0256	0,0226	0,0219	0,0213	0,02	0,0191	0,0183	0,0176	0,0171	0,0167
$\Delta N4$	0,0443	0,0356	0,0309	0,0298	0,0288	0,0269	0,0255	0,0243	0,0233	0,0226	0,0221
$\Delta N5$	0,0584	0,0465	0,0402	0,0388	0,0375	0,0352	0,0333	0,0318	0,0305	0,0297	0,029
$\Delta N6$	0,0717	0,0569	0,0492	0,0475	0,0459	0,0431	0,0409	0,0391	0,0376	0,0366	0,0358
$\Delta N7$	0,0828	0,0652	0,0563	0,0543	0,0525	0,0493	0,0468	0,0448	0,0431	0,0419	0,0411
$\Delta N8$	0,0912	0,0709	0,0609	0,0587	0,0567	0,0532	0,0504	0,0482	0,0464	0,0452	0,0442

Tabla B-39:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 1.0

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	51992,88	63855,78	71871,86	75850,74	79085,62	84046,9	87987,78	90972,7	93514,22	96081,42	98277,44
Vb Nivel 2	47003,1	59212,88	67199,2	71159,14	74354,94	79215,38	82919,14	85771,08	88194,96	90662,34	92754,04
Vb Nivel 3	41383,16	53188,36	60560,18	64271,78	67246,54	71735,68	75093,08	77611,94	79758,84	81985,24	83843,96
Vb Nivel 4	38030,38	48112,88	54283,72	57508,08	60091,78	63987,22	66846	68967,14	70786,1	72709,92	74297,36
Vb Nivel 5	34698,6	43350,04	48786,1	51603,02	53870,98	57308,9	59843,8	61777,34	63429,98	65154,82	66592,16
Vb Nivel 6	30101,42	37892	43026,46	45487,66	47473,36	50494,36	52911,78	54731,28	56268,14	57806,66	59125,36
Vb Nivel 7	25689,36	31732,04	35712,1	37490,8	38931,02	41133,98	43042,52	44470,94	45667,4	46826,72	47850,62
Vb Nivel 8	20791	23020,34	24543,16	25247,52	25828,1	26735,08	27579,26	28236,24	28791,68	29330,78	29822,28
V Basal	289689,9	360364,32	405982,78	428618,74	446882,34	474657,5	496223,36	512538,66	526411,32	540557,9	552563,22

Tabla B-40:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 1.0

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0056	0,0051	0,0048	0,0047	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0042	0,0042	0,0042
$\Delta N2$	0,017	0,0147	0,0134	0,013	0,0127	0,0121	0,0116	0,0112	0,0108	0,0106	0,0104
$\Delta N3$	0,0302	0,0251	0,0223	0,0215	0,0208	0,0196	0,0186	0,0178	0,0172	0,0167	0,0164
$\Delta N4$	0,0435	0,0351	0,0306	0,0294	0,0283	0,0265	0,025	0,0238	0,0229	0,0222	0,0216
$\Delta N5$	0,0574	0,0459	0,0398	0,0383	0,0369	0,0345	0,0326	0,0311	0,0299	0,0291	0,0284
$\Delta N6$	0,0707	0,0562	0,0487	0,0469	0,0453	0,0424	0,0401	0,0383	0,0368	0,0359	0,035
$\Delta N7$	0,0818	0,0644	0,0558	0,0537	0,0518	0,0485	0,0459	0,0438	0,0422	0,0412	0,0402
$\Delta N8$	0,0904	0,0702	0,0604	0,0581	0,056	0,0524	0,0495	0,0473	0,0455	0,0444	0,0434

## B.3: Modelo de 12 niveles

Tabla B-41:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.1

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	38116,78	51086,26	59946,24	62991,5	65227,9	67856,52	69697,96	71100,6	72243,92	73160,4	73906,84
Vb Nivel 2	34293,52	47332,42	56225,8	59238,62	61430,42	63951,98	65705,64	67033,52	68117,52	68984,74	69689,7
Vb Nivel 3	31743,06	44171,8	52723,32	55584,02	57645,34	59957	61558	62760,54	63746,84	64535,4	65175,62
Vb Nivel 4	29360,16	41126,7	49210,76	51902,24	53824,74	55934,14	57395,16	58481,02	59375,8	60091,2	60671,4
Vb Nivel 5	27169,8	38417,8	46139,26	48731,4	50576,82	52600,12	54004,68	55038,8	55890,6	56571,58	57123,56
Vb Nivel 6	25564,98	35962,26	43079,02	45495,78	47215,68	49104,18	50412,04	51371,06	52160,44	52791,28	53302,7
Vb Nivel 7	24090,08	33462,72	39821,36	41984,26	43531,22	45241,64	46424,84	47298,42	48016,82	48591	49056,76
Vb Nivel 8	22658	30872,22	36551,46	38473,6	39868,1	41455,4	42559,98	43391,04	44070,42	44613,36	45053,86
Vb Nivel 9	21223,64	28264,82	33088,74	34720,02	35926,26	37349,82	38343,46	39108,38	39729,72	40226,3	40629,7
Vb Nivel 10	19541,16	25257,44	29082,62	30412,56	31417,64	32662,64	33532,24	34212,54	34760,62	35198,86	35555,76
Vb Nivel 11	16668,14	20972,82	23738,12	24745,48	25520,54	26533,16	27248,72	27808,9	28255,7	28613,08	28904,2
Vb Nivel 12	12416,88	14510,54	15747,84	16217,84	16584,96	17080,44	17438,38	17719,38	17943,22	18122,66	18268,9
V Basal	302846,2	411437,8	485354,54	510497,32	528769,62	549727,04	564321,1	575324,2	584311,62	591499,86	597339



Tabla B-42:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.1

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0079	0,0081	0,0084	0,0084	0,0084	0,0083	0,0083	0,0082	0,0082	0,0081	0,0081
$\Delta N2$	0,0189	0,0182	0,0181	0,0179	0,0177	0,0172	0,0168	0,0165	0,0163	0,0161	0,0159
$\Delta N3$	0,0294	0,0275	0,0271	0,0268	0,0264	0,0254	0,0247	0,0241	0,0237	0,0234	0,0231
$\Delta N4$	0,0388	0,036	0,0353	0,0349	0,0343	0,0329	0,0319	0,0311	0,0305	0,03	0,0296
$\Delta N5$	0,0493	0,0465	0,046	0,0456	0,0449	0,0432	0,042	0,041	0,0403	0,0397	0,0392
$\Delta N6$	0,0594	0,0567	0,0565	0,056	0,0553	0,0533	0,0518	0,0506	0,0498	0,0491	0,0485
$\Delta N7$	0,0685	0,0658	0,0659	0,0654	0,0646	0,0623	0,0606	0,0592	0,0583	0,0575	0,0568
$\Delta N8$	0,0785	0,0764	0,0769	0,0765	0,0757	0,0731	0,0712	0,0697	0,0686	0,0677	0,067
$\Delta N9$	0,0887	0,0867	0,0875	0,0872	0,0863	0,0834	0,0812	0,0795	0,0783	0,0773	0,0765
$\Delta N10$	0,0976	0,0954	0,0963	0,0959	0,095	0,0918	0,0894	0,0876	0,0863	0,0852	0,0843
$\Delta N11$	0,1045	0,1019	0,1028	0,1024	0,1013	0,098	0,0955	0,0936	0,0922	0,0911	0,0901
$\Delta N12$	0,1087	0,1056	0,1065	0,106	0,1049	0,1015	0,0989	0,097	0,0955	0,0943	0,0934

Tabla B-43:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.2

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	43860,18	62132,46	70988,98	73900,02	76387,74	80060,76	83014,86	85551,82	87527,86	89417,36	90981,52
Vb Nivel 2	39989,72	58557,4	67229,32	70044,62	72446,94	76007,24	78849,8	81285,5	83174,78	84998,34	86504,94
Vb Nivel 3	36789,96	54785,34	62917,26	65532,36	67763,48	71077,72	73702,78	75945,06	77679,18	79381,64	80787,08
Vb Nivel 4	34435,78	51370,26	58899,76	61306,62	63354,68	66346,42	68715,38	70730,02	72285,82	73843,28	75129,36
Vb Nivel 5	32119,62	48304,5	55461,98	57741,62	59670,24	62432,28	64638,04	66498,4	67934,62	69383,44	70580,26
Vb Nivel 6	29997,36	45073,28	51748,8	53867,32	55655,3	58244,26	60330,74	62079,36	63428,3	64784,08	65903,6
Vb Nivel 7	28260,84	41661,14	47691,96	49613,38	51240,56	53636,72	55566,58	58444,92	58444,92	59693,54	60724,3
Vb Nivel 8	26220,88	38109,16	43634,14	45425,54	46951,2	49168,12	50931,76	53607,88	53607,88	54748,84	55691,24
Vb Nivel 9	24323,88	34363,02	39250,52	40865,52	42252,24	44290,18	45897,54	48379,14	48379,14	49408,56	50258,76
Vb Nivel 10	22088,9	30095,18	34237,82	35625,52	36821,42	38644,52	40100,56	42358,26	42358,26	43262	44008,24
Vb Nivel 11	18859,46	24804,64	28066,78	29171,88	30114,18	31485,36	32613,86	34364,56	34364,56	35047,94	35613,48
Vb Nivel 12	14377,7	16943,14	18518,18	19067,7	19534,7	20142,82	20668,94	21502,24	21502,24	21827,78	22098,88
V Basal	<b>351324,28</b>	<b>506199,52</b>	<b>578645,5</b>	<b>602162,1</b>	<b>622192,68</b>	<b>651536,4</b>	<b>675030,84</b>	<b>700747,16</b>	<b>710687,56</b>	<b>725796,8</b>	<b>738281,66</b>

Tabla B-44:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.2

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0065	0,0068	0,0066	0,0064	0,0064	0,0062	0,0061	0,006	0,006	0,0059	0,0059
$\Delta N2$	0,0171	0,0167	0,0155	0,0149	0,0145	0,0139	0,0134	0,0131	0,0128	0,0126	0,0125
$\Delta N3$	0,0278	0,0264	0,024	0,0231	0,0223	0,0211	0,0203	0,0197	0,0192	0,0189	0,0186
$\Delta N4$	0,0379	0,0356	0,032	0,0306	0,0295	0,0278	0,0266	0,0257	0,0251	0,0246	0,0242
$\Delta N5$	0,0487	0,046	0,0415	0,0398	0,0384	0,0362	0,0347	0,0337	0,0328	0,0323	0,0318
$\Delta N6$	0,0591	0,0564	0,0509	0,0488	0,0472	0,0445	0,0427	0,0415	0,0405	0,0398	0,0392
$\Delta N7$	0,0688	0,0659	0,0595	0,0571	0,0551	0,0521	0,05	0,0485	0,0474	0,0466	0,0459
$\Delta N8$	0,0791	0,0765	0,0693	0,0665	0,0643	0,0608	0,0585	0,0569	0,0555	0,0547	0,054
$\Delta N9$	0,0895	0,0869	0,0789	0,0758	0,0733	0,0694	0,0668	0,065	0,0635	0,0625	0,0617
$\Delta N10$	0,0985	0,0956	0,0869	0,0834	0,0808	0,0765	0,0737	0,0717	0,07	0,069	0,0682
$\Delta N11$	0,1054	0,102	0,0927	0,0891	0,0862	0,0817	0,0787	0,0766	0,0749	0,0738	0,0729
$\Delta N12$	0,1099	0,1059	0,0961	0,0923	0,0894	0,0847	0,0816	0,0794	0,0777	0,0765	0,0756

Tabla B-45:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.3

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	46524,98	66383,02	75314,78	78563,18	81214,04	86244,86	90347,62	93676	96279,96	98379,78	100126,04
Vb Nivel 2	42588,34	62771,84	71550,62	74741,9	77315,82	82207,14	86272,56	89496,36	92007,84	94024,92	95692,38
Vb Nivel 3	38974,28	58630,2	66895,52	69903,62	72292,6	76848,48	80598,1	83615,38	85959,32	87835,3	87835,3
Vb Nivel 4	36536,36	55034,7	62624,82	65355,2	67510,3	71627,46	75129,44	77897,34	80044,46	81760,1	81760,1
Vb Nivel 5	34230,4	51856,94	58980,48	61497,42	63506,96	67304,46	70494,12	73080,24	75086,78	76691,5	78010,3
Vb Nivel 6	31951,26	48395,5	55046,8	57407,38	59321,88	62889,72	65930,1	68365,6	70254,2	71766,18	73017,34
Vb Nivel 7	30003,66	44666,7	50727,24	52909,62	54681,7	57992,16	60766,98	63004,02	64739,88	66130,36	67282,1
Vb Nivel 8	27818,6	40826,96	46396,98	48395,08	49995	53046,5	55565,46	57593	59170,42	60434,92	61476,32
Vb Nivel 9	25703,28	36726,26	41726,42	43545,8	44992,6	47797,26	50100,48	51909,68	53320,5	54458,78	55382,42
Vb Nivel 10	23220,26	29804,22	36362,06	37976,84	39295,9	41818,32	43821,3	45411,1	46654,94	47658,26	48493,64
Vb Nivel 11	19965,88	26552,52	29885,06	31079,82	32106	34025,12	35500,56	36718,34	37676,52	38456,36	39121,5
Vb Nivel 12	15369,76	18257,02	19785,94	20292,22	20756,68	21638,76	22330,22	22914,5	23380,04	23763,96	24099,82
V Basal	372887,06	539905,88	615296,72	641668,08	662989,48	703440,24	736856,94	763681,56	784574,86	801360,42	812297,26

Tabla B-46:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.3

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0058	0,006	0,0056	0,0055	0,0054	0,0053	0,0052	0,0051	0,0051	0,005	0,005
$\Delta N2$	0,0158	0,0154	0,014	0,0135	0,013	0,0124	0,0121	0,0117	0,0115	0,0112	0,011
$\Delta N3$	0,0264	0,025	0,0222	0,0213	0,0204	0,0193	0,0186	0,018	0,0175	0,0171	0,0168
$\Delta N4$	0,0367	0,0342	0,03	0,0286	0,0274	0,0258	0,0247	0,0238	0,0231	0,0225	0,022
$\Delta N5$	0,0474	0,0444	0,0389	0,0371	0,0355	0,0335	0,0321	0,0311	0,0302	0,0294	0,0288
$\Delta N6$	0,0579	0,0545	0,0478	0,0455	0,0436	0,0411	0,0395	0,0382	0,0372	0,0363	0,0355
$\Delta N7$	0,0678	0,0639	0,0559	0,0533	0,051	0,0481	0,0462	0,0448	0,0436	0,0425	0,0417
$\Delta N8$	0,0782	0,0741	0,065	0,0619	0,0594	0,0561	0,054	0,0524	0,051	0,0498	0,0489
$\Delta N9$	0,0885	0,0842	0,074	0,0706	0,0677	0,064	0,0616	0,0598	0,0583	0,057	0,0559
$\Delta N10$	0,0974	0,0927	0,0815	0,0778	0,0746	0,0706	0,068	0,0661	0,0644	0,063	0,0618
$\Delta N11$	0,1044	0,099	0,0871	0,0831	0,0797	0,0754	0,0727	0,0706	0,0689	0,0674	0,0662
$\Delta N12$	0,1091	0,1028	0,0904	0,0862	0,0827	0,0783	0,0755	0,0733	0,0715	0,0674	0,0687

Tabla B-47:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.4

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	48121,5	68396,2	77712,26	81140,4	84564,24	90356,78	94915,68	98397,84	101142,46	103494,76	105524,78
Vb Nivel 2	44305,16	64853,76	74086,86	77436,16	80786,98	86446,22	90885,9	94252,2	96892,06	99139,82	101069,8
Vb Nivel 3	40192,84	60337,44	69155,58	72292	75442,98	80777,14	84961	88106,9	90561,34	92623,5	94376,64
Vb Nivel 4	37838,9	56733,62	64768,38	67597,5	70453,14	75330,66	79176,94	82059,2	84302,94	86151,88	87701,2
Vb Nivel 5	35441,06	53441,74	60876,54	63503,38	66136,68	70668,12	74260,66	76963,5	79070,68	80773,52	82179,22
Vb Nivel 6	33141,98	49929,02	56913,76	59408,9	61880,1	66135,98	69513,52	72069,58	74066,8	75666,8	76978,12
Vb Nivel 7	31050,68	46054,74	52483,92	54793,92	57081,74	61001,54	64102,96	66452,76	68290,28	69780,36	71012,7
Vb Nivel 8	28723,4	42088,3	47919,28	50013,7	52117,24	55680,96	58481,56	60597,26	62252,34	63646,08	64831,28
Vb Nivel 9	26607,5	37932,18	43152,18	45044,82	46964,6	50165,64	52655,62	54535,08	56006,8	57304,08	58442,56
Vb Nivel 10	23919,46	33048,66	37647,8	39366,16	41080,7	43898,26	46072,72	47736,02	49047,98	50237,22	51300,18
Vb Nivel 11	20589,68	27489,32	30907,24	32235,5	33530,42	35655,48	37301,76	38593,04	39625,18	40567,74	41414,82
Vb Nivel 12	16098,16	19118,86	20502,66	21085,82	21664,08	22638,24	23413,2	24041,72	24553,68	25026,48	25455,06
V Basal	386030,32	559423,84	636126,46	663918,26	691702,9	738755,02	775741,52	803805,1	825812,54	844412,24	860286,36

Tabla B-48:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.4

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δ N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ N1	0,0052	0,0054	0,0051	0,005	0,0049	0,0048	0,0047	0,0046	0,0045	0,0045	0,0044
Δ N2	0,0148	0,0144	0,013	0,0125	0,0122	0,0116	0,0112	0,0109	0,0106	0,0103	0,0101
Δ N3	0,0252	0,0238	0,0211	0,0201	0,0194	0,0184	0,0176	0,017	0,0164	0,016	0,0156
Δ N4	0,0356	0,033	0,0288	0,0273	0,0263	0,0247	0,0236	0,0226	0,0218	0,0212	0,0207
Δ N5	0,0463	0,0429	0,0374	0,0354	0,0341	0,0321	0,0306	0,0294	0,0284	0,0276	0,0269
Δ N6	0,0569	0,0527	0,0459	0,0435	0,0418	0,0394	0,0377	0,0362	0,035	0,034	0,0332
Δ N7	0,0669	0,0619	0,0538	0,051	0,049	0,0462	0,0442	0,0425	0,0411	0,0399	0,0389
Δ N8	0,0772	0,0718	0,0625	0,0592	0,057	0,0538	0,0515	0,0496	0,048	0,0467	0,0456
Δ N9	0,0875	0,0816	0,0711	0,0675	0,065	0,0614	0,0588	0,0567	0,0549	0,0535	0,0522
Δ N10	0,0964	0,0899	0,0784	0,0744	0,0716	0,0677	0,065	0,0626	0,0607	0,0591	0,0577
Δ N11	0,1034	0,0961	0,0838	0,0795	0,0766	0,0725	0,0695	0,067	0,065	0,0633	0,0618
Δ N12	0,1084	0,1	0,0871	0,0826	0,0796	0,0752	0,0722	0,0696	0,0675	0,0657	0,0642

Tabla B-49:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.5

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	49624,78	69814,82	79402,12	83330,26	86787,82	93181,38	97856,32	101419,7	104519,2	106891,06	109334,2
Vb Nivel 2	45712,9	66262,62	75787,7	79647,28	83034,92	89308,72	93857,14	97304,22	100276,08	102579	104970,84
Vb Nivel 3	41274,48	61570,58	70693,86	74333,88	77524,98	83482	87758,82	90981,52	93703,78	95868,68	98152,92
Vb Nivel 4	38821,02	57840,18	66152,8	69444,1	72339,56	77830	81760,08	84713,54	87131,06	89076,1	91175,5
Vb Nivel 5	36460,48	54475,96	62162,7	65192,8	67865,32	72990,98	76673,42	79445,26	81640,08	83354,64	85240,38
Vb Nivel 6	34081,96	50931,12	58176,62	61026,08	63536,62	68351,84	71832,32	74457,1	76503,72	78024,1	79713,54
Vb Nivel 7	31869,5	47011,54	53694	56335,96	58659,08	63076,6	66273,76	68686,86	70607,2	72027,96	73585,66
Vb Nivel 8	29546,96	42949,84	48966,82	51389,98	53518,24	57488,68	60355,48	62522,56	64359,08	65794,86	67306,46
Vb Nivel 9	27386,8	38723,94	44084,86	46296,36	48232,58	51745,32	54281,02	56201,72	57956,72	59375,68	60804,36
Vb Nivel 10	24551,06	33785,3	38538,06	40526,9	42256,78	45304,08	47534,04	49235,2	50860,26	52104,02	53310,92
Vb Nivel 11	21263,4	28171,3	31715,72	33223,56	34533,92	36813,1	38526,78	39851,6	41130,26	42008,02	42840,48
Vb Nivel 12	16798,98	19705,1	21115,08	21768,1	22349,9	23389,22	24204,06	24848,28	25480,62	25869,52	26239,14
V Basal	<b>397392,32</b>	<b>571242,3</b>	<b>650490,34</b>	<b>682515,26</b>	<b>710639,72</b>	<b>762961,92</b>	<b>800913,24</b>	<b>829667,56</b>	<b>854168,06</b>	<b>872973,64</b>	<b>892674,4</b>

Tabla B-50:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.5

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δ N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ N1	0,0049	0,005	0,0047	0,0046	0,0045	0,0044	0,0043	0,0042	0,0042	0,0041	0,0041
Δ N2	0,014	0,0137	0,0123	0,0119	0,0115	0,0111	0,0106	0,0103	0,01	0,0097	0,0095
Δ N3	0,0243	0,0229	0,0203	0,0194	0,0187	0,0177	0,0169	0,0162	0,0157	0,0152	0,0149
Δ N4	0,0346	0,032	0,0279	0,0265	0,0254	0,024	0,0228	0,0217	0,021	0,0203	0,0198
Δ N5	0,0454	0,0417	0,0362	0,0344	0,033	0,0311	0,0296	0,0283	0,0273	0,0264	0,0258
Δ N6	0,0559	0,0514	0,0446	0,0423	0,0406	0,0383	0,0364	0,0348	0,0336	0,0325	0,0318
Δ N7	0,066	0,0605	0,0523	0,0497	0,0476	0,0449	0,0427	0,0409	0,0394	0,0381	0,0373
Δ N8	0,0764	0,0702	0,0608	0,0577	0,0553	0,0523	0,0498	0,0477	0,046	0,0446	0,0436
Δ N9	0,0866	0,0798	0,0692	0,0657	0,063	0,0597	0,0568	0,0545	0,0526	0,051	0,05
Δ N10	0,0955	0,0879	0,0762	0,0725	0,0696	0,0659	0,0628	0,0602	0,0582	0,0564	0,0553
Δ N11	0,1026	0,0941	0,0815	0,0775	0,0744	0,0705	0,0672	0,0645	0,0623	0,0605	0,0593
Δ N12	0,1078	0,098	0,0848	0,0806	0,0774	0,0732	0,0698	0,067	0,0647	0,0628	0,0616

Tabla B-51:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.6

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	50983,98	70876,7	80691,18	84908,28	88736	95195,22	99920,9	103759,04	106717,14	109864,84	112810,86
Vb Nivel 2	46965,96	67318,42	77078,94	81239,7	85006,08	91347,62	95949,48	99663,82	102551,06	105648,42	108552,48
Vb Nivel 3	42198,26	62490,12	71845,32	75796,06	79370,46	85394,92	89725,3	93176,76	95906,94	98883,9	101687,96
Vb Nivel 4	39612,92	58648,44	67166,18	70758,54	74032,62	79590,26	83570,14	86675,12	89138,02	91892,36	94508,58
Vb Nivel 5	37307,78	55216,98	63084,38	66390,88	69433,34	74627,98	78361,08	81193,34	83364	85852,42	88237,08
Vb Nivel 6	34907,62	51661,32	59081,34	62179,34	65042,66	69931,44	73463,34	76095,84	78019,1	80251,5	82401,04
Vb Nivel 7	32594,84	30523,6	54577,64	57443,62	60080,64	64564,9	67808,92	70260,78	72053,48	74103,82	76068,84
Vb Nivel 8	30256	40227,48	49154,76	52377,74	54756,78	58172,98	61675,04	63990,76	65797,04	67764,3	69618,32
Vb Nivel 9	28050,28	39305,48	44810,68	47193,16	49315,78	52857,38	55418,42	57593,96	59375,6	61214,1	62913,32
Vb Nivel 10	25110,68	34347,12	39251,08	41370,96	43239,32	46315,34	48567,96	50535,32	52088,44	53626,02	55026,68
Vb Nivel 11	21909,02	28694,14	32380,14	33969,44	35377,74	37688,88	39423,02	40931,08	42012,6	43061,04	44011,18
Vb Nivel 12	17471,28	20169,64	21638,58	22318,48	22943,7	23994,58	24816,6	25534,88	25999,56	26455,88	26874,16
V Basal	407368,62	559479,44	660760,22	695946,2	727335,12	779681,5	818700,2	849410,7	873022,98	898618,6	922710,5



Tabla B-52:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.6

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0046	0,0047	0,0044	0,0043	0,0042	0,0041	0,004	0,004	0,0039	0,0038	0,0038
$\Delta N2$	0,0134	0,013	0,0118	0,0114	0,0111	0,0106	0,0102	0,0098	0,0095	0,0093	0,0092
$\Delta N3$	0,0235	0,0221	0,0196	0,0188	0,0181	0,0171	0,0163	0,0156	0,0151	0,0147	0,0144
$\Delta N4$	0,0338	0,0312	0,0272	0,0259	0,0249	0,0234	0,0221	0,0211	0,0203	0,0197	0,0193
$\Delta N5$	0,0445	0,0408	0,0354	0,0337	0,0324	0,0304	0,0288	0,0275	0,0264	0,0257	0,0252
$\Delta N6$	0,0551	0,0503	0,0435	0,0414	0,0398	0,0374	0,0354	0,0338	0,0325	0,0317	0,0311
$\Delta N7$	0,0652	0,0594	0,0512	0,0487	0,0468	0,0439	0,0416	0,0397	0,0381	0,0372	0,0365
$\Delta N8$	0,0756	0,0689	0,0595	0,0566	0,0544	0,0511	0,0484	0,0463	0,0445	0,0434	0,0426
$\Delta N9$	0,0857	0,0784	0,0677	0,0644	0,0619	0,0583	0,0553	0,0529	0,0509	0,0497	0,0488
$\Delta N10$	0,0947	0,0864	0,0746	0,0711	0,0684	0,0644	0,0611	0,0585	0,0563	0,055	0,0541
$\Delta N11$	0,1019	0,0925	0,0799	0,076	0,0732	0,0689	0,0655	0,0626	0,0603	0,0589	0,058
$\Delta N12$	0,1073	0,0966	0,0832	0,0792	0,0762	0,0717	0,0681	0,0652	0,0627	0,0613	0,0603

Tabla B-53:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.7

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	52203,94	71785,62	81856,94	86147,1	90228,58	96721,74	101566,56	105351,22	108798,82	112394,68	115380,02
Vb Nivel 2	48079,68	68219,06	78245,7	82482,54	86516,4	92892,8	97612,98	101319,86	104709,34	108264,9	111209,42
Vb Nivel 3	43001,08	63273,94	72892,9	76921,2	80780,34	86836,64	91270,44	94783,68	98026,88	101469,92	104312,74
Vb Nivel 4	40287,38	59334,04	68088,24	71758,18	75321,26	80908,84	84962,1	88139,34	91114,14	94333,56	96987,94
Vb Nivel 5	38044,7	55843,18	63915,94	67304,12	70622,32	75853,86	78627,4	82442,18	85104,62	88041,48	90463,14
Vb Nivel 6	35626,3	52279,3	59890,18	63074,28	66188,2	71124,4	74679,84	77189,14	79565,42	82213	84397,66
Vb Nivel 7	33212,18	48328,18	55367,98	58311,16	61168,1	65696,3	68973,86	71308,44	73500,32	75917	77911,92
Vb Nivel 8	30878,18	44119,4	50467,72	53142,3	55704,82	59744,64	62714,52	65039,12	67180,02	69454,1	71333,44
Vb Nivel 9	28645,34	39795,84	45468,56	47880	50142,9	53692,62	56356,38	58631,62	60676,04	62755,18	64476,24
Vb Nivel 10	25591,16	34820,62	39891,16	42037,26	43996,58	47087,72	49450,02	51438,36	53177,84	54886,94	56307,82
Vb Nivel 11	22477,1	29140,36	32972,66	34592,9	36046,76	38385,02	40200,12	41591,16	42782,76	43933,72	44898,12
Vb Nivel 12	18090,84	20578,26	22109,88	22804,42	23439,6	15504,12	25356,5	25947,14	26453,46	26949,8	27371,42
V Basal	<b>416137,88</b>	<b>587517,8</b>	<b>671167,86</b>	<b>706455,46</b>	<b>740155,86</b>	<b>784448,7</b>	<b>831770,72</b>	<b>863181,26</b>	<b>891089,66</b>	<b>920614,28</b>	<b>945049,88</b>

Tabla B-54:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.7

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δ N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ N1	0,0044	0,0044	0,0042	0,0041	0,004	0,0039	0,0038	0,0037	0,0037	0,0036	0,0036
Δ N2	0,0129	0,0125	0,0114	0,011	0,0107	0,0102	0,0098	0,0094	0,0092	0,009	0,0088
Δ N3	0,0229	0,0215	0,0191	0,0183	0,0177	0,0167	0,0158	0,0152	0,0147	0,0143	0,014
Δ N4	0,0331	0,0305	0,0266	0,0254	0,0244	0,0229	0,0216	0,0206	0,0199	0,0194	0,0189
Δ N5	0,0438	0,04	0,0347	0,033	0,0318	0,0298	0,0281	0,0268	0,0258	0,0252	0,0247
Δ N6	0,0543	0,0495	0,0428	0,0407	0,0392	0,0367	0,0346	0,033	0,0318	0,0311	0,0304
Δ N7	0,0645	0,0585	0,0504	0,0479	0,0461	0,0431	0,0407	0,0388	0,0374	0,0365	0,0358
Δ N8	0,0749	0,068	0,0585	0,0556	0,0536	0,0502	0,0474	0,0452	0,0436	0,0426	0,0418
Δ N9	0,085	0,0773	0,0666	0,0633	0,0611	0,0573	0,0542	0,0516	0,0499	0,0488	0,0479
Δ N10	0,0939	0,0852	0,0735	0,0699	0,0674	0,0633	0,0599	0,0571	0,0552	0,0541	0,053
Δ N11	0,1012	0,0913	0,0787	0,0749	0,0722	0,0677	0,0641	0,0612	0,0592	0,058	0,0569
Δ N12	0,1068	0,0955	0,0821	0,078	0,0752	0,0705	0,0668	0,0637	0,0616	0,0603	0,0592

Tabla B-55:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.8

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	53372,6	72592,1	82874,34	87209,76	91432,3	97927,12	102815,36	106584,58	110720,72	114337,24	117337,16
Vb Nivel 2	49156,38	69011,6	79261,7	83548,84	87731,42	94115,1	98906,54	102611,76	106710,88	110296,06	113268,78
Vb Nivel 3	43797,4	63952,66	73803,78	77888,26	81904,94	87972,56	92508,5	96034,66	100000,18	103466,64	106327,38
Vb Nivel 4	40947,68	59913,74	68888,64	72618,2	76341,94	81943,9	86082,28	89282,3	92982,2	96230,02	98909,46
Vb Nivel 5	38749	56367,14	64638,22	68087,86	71562,8	76811,5	80583,48	83410,28	86770,44	89733,44	92176,24
Vb Nivel 6	36314,36	52803,2	60596,52	63842,54	67103,42	72060,82	75531,18	78036,16	81058,66	83733,8	85942,16
Vb Nivel 7	33805,26	48848,28	56059,1	59056,78	62042,9	66589,58	69795,48	72118,52	74878,28	77314,18	79323,62
Vb Nivel 8	31474,88	44584,68	51086,96	53798,54	56464,48	60512,68	63529,9	65855,16	68472,68	70765,3	72661,38
Vb Nivel 9	29219,76	40224,16	46031,9	48463	50800,76	54349	57155,96	59437,66	61850,58	63940,44	65669
Vb Nivel 10	26053,66	35248,02	40441,34	42601,2	44611,24	47702,1	50167,38	52150,22	54149,36	55872,68	57306,96
Vb Nivel 11	23001,78	29556,66	33492,76	35127,3	36612,14	38954,34	40758,3	42121,14	43462,7	44619,62	45586,98
Vb Nivel 12	18653,9	20960,64	22534,96	23233,6	23877,6	24937,96	25732,52	26290,36	26851,92	27343,04	27757,68
<b>V Basal</b>	<b>424546,66</b>	<b>594062,88</b>	<b>679710,22</b>	<b>715475,88</b>	<b>750485,94</b>	<b>803876,66</b>	<b>843566,88</b>	<b>873932,8</b>	<b>907908,6</b>	<b>937652,46</b>	<b>962266,8</b>

Tabla B-56:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.8

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Δ N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ N1	0,0042	0,0042	0,004	0,0039	0,0039	0,0037	0,0036	0,0036	0,0035	0,0035	0,0034
Δ N2	0,0125	0,0121	0,011	0,0106	0,0104	0,0099	0,0095	0,0091	0,0089	0,0087	0,0086
Δ N3	0,0223	0,021	0,0186	0,0179	0,0173	0,0163	0,0155	0,0148	0,0144	0,014	0,0137
Δ N4	0,0325	0,0299	0,0261	0,0249	0,024	0,0225	0,0212	0,0202	0,0196	0,019	0,0186
Δ N5	0,0431	0,0393	0,0342	0,0325	0,0314	0,0293	0,0276	0,0263	0,0255	0,0248	0,0242
Δ N6	0,0537	0,0488	0,0422	0,0401	0,0386	0,0361	0,034	0,0323	0,0314	0,0306	0,0299
Δ N7	0,064	0,0578	0,0498	0,0473	0,0455	0,0425	0,04	0,038	0,0369	0,036	0,0352
Δ N8	0,0743	0,0671	0,0578	0,0549	0,0529	0,0494	0,0466	0,0443	0,043	0,042	0,0411
Δ N9	0,0845	0,0764	0,0658	0,0625	0,0603	0,0564	0,0532	0,0506	0,0492	0,0481	0,0471
Δ N10	0,0934	0,0843	0,0727	0,069	0,0666	0,0623	0,0588	0,056	0,0545	0,0533	0,0522
Δ N11	0,1008	0,0904	0,0779	0,074	0,0714	0,0668	0,0631	0,0601	0,0584	0,0571	0,056
Δ N12	0,1066	0,0946	0,0813	0,0772	0,0744	0,0696	0,0657	0,0626	0,0608	0,0595	0,0583

Tabla B-57:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 0.9

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	54443,34	73345,44	83751,68	88221,86	92442,72	98903,94	103773,5	107736,78	112170,24	115803,22	118833,34
Vb Nivel 2	50200,86	69743,68	80133,82	84568,64	88750,58	95117,4	99940,22	103888,82	108321,88	111926,78	114918,98
Vb Nivel 3	44670,02	64561,98	74573,06	78822,32	82834,08	88892,02	93484,78	97233,72	101524,2	105012,48	107903,5
Vb Nivel 4	41663,68	60416,14	69555,8	73459,42	77178,94	82783,8	86986,28	90432,92	94470,48	97737,94	100438,78
Vb Nivel 5	39415,7	56820,38	65239,4	68855,2	72332,7	77579,74	81330,22	84383,76	88069,76	91059,2	93530,96
Vb Nivel 6	36993,48	53274,58	61196,26	64591,28	67866,08	72820,68	76192,98	78917,9	82244,12	84938,58	87166,78
Vb Nivel 7	34452,78	49325,38	56650,92	59776,54	62775,76	67312,94	70417,9	72915,58	75938,8	78398,4	80435,04
Vb Nivel 8	32043,7	45005,42	51612,96	54430,92	57098,02	61141,68	64181,94	66666,96	69506,36	71809,94	73718,04
Vb Nivel 9	29717,52	40605,18	46503,04	49011,78	51339,42	54875,1	57783,28	60168,54	62748,88	64855,92	66606,36
Vb Nivel 10	26519,78	35650,66	40916,26	43121,36	45131,18	48208,18	50743,78	52813,64	54935,62	56669,2	58113,74
Vb Nivel 11	23449,68	29974,56	33962,2	35613,08	37111,68	39431,16	41184,02	42576,62	43978,68	45144,2	46125,8
Vb Nivel 12	19050	21340,08	22928,56	23623,74	24275,96	25309,14	26015,14	26569,4	27151,86	27648,32	28073,56
V Basal	<b>432620,54</b>	<b>600063,48</b>	<b>687023,96</b>	<b>724096,14</b>	<b>759137,12</b>	<b>812375,78</b>	<b>852034,04</b>	<b>884304,64</b>	<b>921060,88</b>	<b>951004,18</b>	<b>975864,88</b>



Tabla B-58:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 0.9

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,004	0,0041	0,0038	0,0038	0,0037	0,0036	0,0035	0,0034	0,0034	0,0033	0,0033
$\Delta N2$	0,0122	0,0117	0,0107	0,0104	0,0101	0,0096	0,0092	0,0089	0,0087	0,0085	0,0083
$\Delta N3$	0,0219	0,0205	0,0182	0,0175	0,017	0,0159	0,0151	0,0145	0,0141	0,0137	0,0134
$\Delta N4$	0,0321	0,0293	0,0257	0,0246	0,0237	0,0221	0,0208	0,0199	0,0193	0,0188	0,0183
$\Delta N5$	0,0427	0,0387	0,0337	0,0321	0,0309	0,0288	0,0272	0,0259	0,0251	0,0245	0,0239
$\Delta N6$	0,0533	0,0481	0,0417	0,0397	0,0382	0,0356	0,0335	0,0319	0,031	0,0302	0,0295
$\Delta N7$	0,0637	0,0571	0,0493	0,0468	0,045	0,0419	0,0394	0,0375	0,0365	0,0355	0,0347
$\Delta N8$	0,0741	0,0664	0,0572	0,0544	0,0524	0,0488	0,0459	0,0437	0,0425	0,0415	0,0405
$\Delta N9$	0,0843	0,0755	0,0651	0,062	0,0597	0,0557	0,0524	0,05	0,0487	0,0475	0,0464
$\Delta N10$	0,0934	0,0834	0,0719	0,0684	0,0659	0,0615	0,058	0,0553	0,0539	0,0526	0,0514
$\Delta N11$	0,1009	0,0895	0,0771	0,0734	0,0707	0,0659	0,0622	0,0593	0,0578	0,0564	0,0552
$\Delta N12$	0,1068	0,0939	0,0806	0,0766	0,0737	0,0688	0,0648	0,0618	0,0602	0,0588	0,0575

Tabla B-59:

Detalle del cortante basal para la columna con inercia de 1.0

Inercia vigas/ Cortante Columnas (kgf)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Vb Nivel 1	55328,12	74021,5	84496,38	89063,36	93235,26	99607,74	104489,58	108945,94	113426,96	117085,88	120133,34
Vb Nivel 2	51098,62	70407,7	80892,64	85451,5	89619,64	95966,12	100802,48	105209,5	109653,18	113270,62	116276,08
Vb Nivel 3	45411,7	65107,84	75224,22	79596,46	83574,38	89607,7	94250,9	98506,28	102834,4	106344,86	109252,64
Vb Nivel 4	42264,8	60865,24	70124,84	74168,32	77874,46	83483,94	87724	91653,08	95712,26	98997,78	101714,46
Vb Nivel 5	39933,54	57217,24	65738,18	69483,48	72940,2	78158,38	81922,02	85460,78	89177,88	92186,32	94673,38
Vb Nivel 6	37547,86	53693,54	61706,16	65228,52	68499,64	73400,16	76725,92	79881,6	83229,94	85942,28	88185,64
Vb Nivel 7	34991,6	49748,54	57147,36	60373,7	63353,34	67824,32	70901,3	73802,8	76855,86	79331,02	81379,46
Vb Nivel 8	32519,22	45384,28	52067,52	54974,82	57635,32	61669,3	64716,9	67512,58	70362,5	72676,14	74593,46
Vb Nivel 9	30097,84	40937,76	46892,16	49450,08	51747,58	55292,66	58279,2	60934,22	63536,2	65652,74	67410,36
Vb Nivel 10	26926,1	36012,12	41329,62	43573,1	45573,82	48654	51228,82	53466,66	55594,42	57333,54	58783,86
Vb Nivel 11	23823,48	30350,96	34369,54	36031,3	37511,18	39768,5	41514,56	43029,18	44451,76	45625,18	46611,26
Vb Nivel 12	19359,44	21680,54	23270,08	23958,86	24596	25573,84	26254,18	26866,78	27458,92	27956,86	28381,94
<b>V Basal</b>	<b>439302,32</b>	<b>605427,26</b>	<b>693258,7</b>	<b>731353,5</b>	<b>766160,82</b>	<b>819006,66</b>	<b>858809,86</b>	<b>895269,4</b>	<b>932294,28</b>	<b>962403,22</b>	<b>987395,88</b>

Tabla B-60:

Detalle de los desplazamientos para la columna con inercia de 1.0

Inercia vigas/ Desplazamientos (m)	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta N0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta N1$	0,0039	0,0039	0,0037	0,0036	0,0036	0,0035	0,0034	0,0033	0,0033	0,0032	0,0032
$\Delta N2$	0,0119	0,0114	0,0104	0,0101	0,0098	0,0094	0,009	0,0087	0,0085	0,0083	0,0081
$\Delta N3$	0,0214	0,02	0,0179	0,0172	0,0167	0,0156	0,0148	0,0142	0,0139	0,0135	0,0132
$\Delta N4$	0,0316	0,0289	0,0254	0,0242	0,0234	0,0218	0,0205	0,0196	0,019	0,0185	0,018
$\Delta N5$	0,0422	0,0382	0,0333	0,0318	0,0306	0,0284	0,0268	0,0256	0,0248	0,0242	0,0235
$\Delta N6$	0,0529	0,0475	0,0412	0,0393	0,0378	0,0351	0,033	0,0316	0,0307	0,0298	0,0291
$\Delta N7$	0,0633	0,0565	0,0488	0,0464	0,0446	0,0414	0,0389	0,0372	0,0361	0,0351	0,0342
$\Delta N8$	0,0738	0,0658	0,0567	0,054	0,0519	0,0483	0,0453	0,0433	0,0421	0,041	0,04
$\Delta N9$	0,084	0,0748	0,0645	0,0615	0,0591	0,0551	0,0518	0,0495	0,0482	0,0469	0,0458
$\Delta N10$	0,0931	0,0827	0,0713	0,0679	0,0653	0,0609	0,0573	0,0548	0,0534	0,052	0,0508
$\Delta N11$	0,1007	0,0888	0,0765	0,0728	0,07	0,0653	0,0614	0,0588	0,0573	0,0558	0,0546
$\Delta N12$	0,1069	0,0932	0,08	0,0761	0,0732	0,0681	0,0641	0,0613	0,0597	0,0582	0,0569

